

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. Juli 2002 (11.07.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/054129 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G02B 6/42, H01L 31/0203  
 (71) Anmelder und  
 (72) Erfinder: KRAGL, Hans [DE/DE]; Amselweg 1, 31199  
 Diekholzen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/15153  
 (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Dezember 2001 (20.12.2001)  
 (74) Anwälte: KÖRNER, Ekkehard usw.; Bavariaring 20,  
 80336 München (DE).

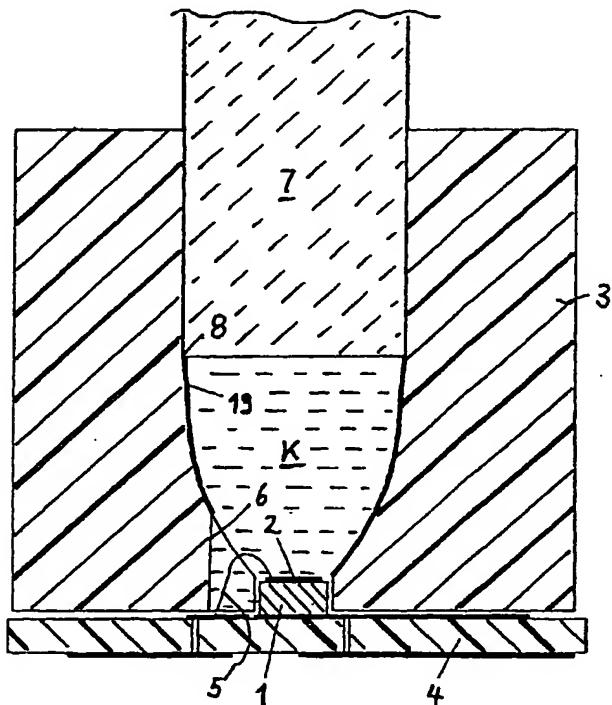
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
 (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
 AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
 CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
 GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
 LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
 MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
 (30) Angaben zur Priorität: 100 65 624.2 29. Dezember 2000 (29.12.2000) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COUPLING DEVICE FOR OPTICALLY COUPLING AN OPTICAL WAVEGUIDE TO AN ELECTRO-OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung: KOPPLUNGSANORDNUNG ZUM OPTISCHEN KOPPELN EINES LICHTWELLENLEITERS MIT EINEM ELEKTRO-OPTISCHEN ELEMENT



(57) Abstract: In order to precisely align an optical waveguide (7) in relation to an electro-optical component (2), said electro-optical component is fixed to a submount (1) which can be arranged on any site on a carrier (4). A coupling element (3) comprising a negative image of the contour of the submount (2) is optionally provided for mounting the optical waveguide (7). Said coupling element is positively fixed to the submount (2) and receives the end of the optical waveguide (7). The intermediate region between the electro-optical component (2) and the optical waveguide (7) is filled with a transparent adhesive (K). The submount (2) can be designed according to microstructure technology. The coupling element (3) is not required if the optical waveguide (7) is directly aligned in relation to the submount (2).

WO 02/054129 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA,  
ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten*

---

(57) **Zusammenfassung:** Für die passgenaue Ausrichtung eines Lichtwellenleiters (7) auf ein elektro-optisches Bauelement (2) wird das elektro-optische Bauelement auf einem Submount (1) befestigt, der an einer beliebigen Stelle auf einem Träger (4) angebracht werden kann. Für die Fassung des Lichtwellenleiters (7) ist wahlweise ein Kopplungselement (3) vorgesehen, das eine negative Abbildung des Umrisses des Submounts (2) aufweist. Dieses wird formschlüssig an dem Submount (2) angebracht und nimmt das Ende des Lichtwellenleiters (7) auf. Der Zwischenraum zwischen dem elektro-optischen Bauelement (2) und dem Lichtwellenleiter (7) wird mit einem transparenten Klebstoff (K) ausgefüllt. Der Submount (2) kann in Mikrostrukturtechnik ausgebildet sein. Auf das Kopplungselement (3) kann verzichtet werden, wenn der Lichtwellenleiter (7) direkt an dem Submount (2) ausgerichtet ist.

**Kopplungsanordnung zum optischen Koppeln eines Lichtwellenleiters mit einem  
elektro-optischen oder opto-elektrischen Halbleiterwandler**

**Gebiet der Erfindung**

Mit der zunehmenden Umstellung von elektrischer auf optische Nachrichtentechnik werden optische Transceivermodule in allen Bereichen der Datenübertragung benötigt. Neben der hochratigen, optischen Übertragungstechnik auf Fernleitungen über Glasfasern kommt zunehmend auch die optische Übertragungstechnik mit vergleichsweise niedrigen Datenraten über relative "dicke" Polymerfasern oder hybride Glas/Polymerfasern (sog. HCS-Fasern) zur Anwendung. Typischerweise werden nicht hunderte von Kilometern sondern nur einige 10 bis 100 m mit Datenraten von maximal einigen 100 MB/s übertragen. Eingesetzt werden solche Systeme innerhalb mobiler Einrichtungen (Kfz, Bahn, Flugzeug) oder zur sog. Inhouse-Vernetzung, d.h. innerhalb eines Gebäudes zur datenmäßigen Verbindung aller im Haus vorhandenen Multimediageräte (TV, Internet, Videorecorder, Audiogeräte, PCs usw.). Aus Kostengründen arbeiten diese Netze oftmals nicht mit Laserdiode, sondern mit einfachen, oberflächenemittierenden Leuchtdioden (LEDs). Für die Ankopplung einer solchen LED an einen relativ dicken Lichtwellenleiter wird ein sehr kostengünstiger Aufbau gefordert, der dennoch eine erhebliche Präzision verlangt. Das elektro-optische Modul, das die Kopplstelle von LED-Sender zu Lichtwellenleiter bzw. von Photodioden-Empfänger zu Lichtwellenleiter enthält, nennt man einen optischen Transceiver.

**Technischer Hintergrund der Erfindung**

Für die Kopplung einer oberflächenemittierenden LED und eines relativ dicken Polymerfaser-Lichtwellenleiters - typische Dimensionen sind  $250 \times 250 \mu\text{m}^2$  für die LED und  $1000 \mu\text{m}$  Durchmesser für die Polymerfaser - gibt es grundsätzlich zwei Konstruktionen, nämlich solche ohne Strahlformung und solche mit Strahlformung. Strahlformung bedeutet, daß einige oder alle der von der LED abgegebenen Lichtstrahlen durch Linsen oder gekrümmte Spiegel in ihrer Ausbreitungsrichtung so verändert werden, daß ein höherer Lichtanteil in den Lichtwellenleiter eingekoppelt werden kann, als wenn auf solche Maßnahmen verzichtet würde. Die Ausrichtung von Lichtwellenleiter (LWL) zu LED verlangt angesichts der vorgenannten Abmessungen in jedem Falle eine hohe Präzision.

Einen Ansatz hierfür zeigt die in jüngster Zeit bekannt gewordene MicroMID-Technologie, die beispielsweise in DE 198 51 265 A1 beschrieben ist. Hierbei wird ein mikrostrukturierter Kunststoffträger eingesetzt, der in der Form thermoplastisch sehr flexibel gestaltet werden kann. Die Herstellung eines Reflektors für die LED bei gleichzeitiger Herstellung eines elektronischen Schaltkreises auf dem Substrat ist möglich. Die Justierung des LWL erfolgt mittels einer auf dem Substrat ausgebildeten dreidimensionalen Struktur. Nachteilig sind jedoch die hohen Rüstkosten der Technologie, so daß nur große Stückzahlen ihren Einsatz rechtfertigen. Da in MicroMID-Technologie die elektronische Schaltung des Transceivers letztlich im Spritzgußwerkzeug abgebildet sein muß, ist die Technologie schwerfällig in der Anpassung an kundenspezifische Varianten der Schaltung. Die Justierung erfolgt zwischen LED und LWL auf dem Weg LED zu mikrostrukturierter Leiterplatte zu Faserplatte zu LWL. Veröffentlichungen zum MicroMID-Prozess finden sich in Kragl, H. et.al.: "MICROMID: A low cost fabrication technology for polymer fiber transceiver modules", POF Conference 2000, Boston und in Kragl, H. et.al.: "Microstructured three-dimensional printed circuit boards: a novel fabrication technology for optical transceiver modules", Proc. MicroTec 2000 Conference, Hannover.

### Übersicht über die Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kopplungsanordnung der eingangs genannten Art und ein zu deren Herstellung geeignetes Verfahren anzugeben, mit der bzw. dem eine hochpräzise Ausrichtung von lichtabgebendem und/oder lichtaufnehmendem Halbleiterbauelement einerseits und Lichtwellenleiter andererseits in technisch einfacher Weise erzielbar ist.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 bzw. 33 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen davon sind Gegenstand der jeweils abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung offenbart eine Anordnung zur optischen Kopplung eines optischen Halbleiterbauelements, beispielsweise einer Sendediode, an einen Lichtwellenleiter, deren wesentliches Element ein Submount ist, auf dem das Halbleiterbauelement positioniert ist. Der Submount und, sofern eingesetzt, ein Kopplungselement, können strahlformende Reflektoren enthalten. Der Submount wird direkt auf einen Träger aufgesetzt, der beispielsweise eine konventionelle Leiterplatte, ein TO-Gehäuse, ein Leadframe (Rahmenblech) oder auch ein MID-Träger (MID = Moulded Interconnect Device) sein kann, und mindestens ein Bonddraht wird von dem Halbleiterbauelement auf den Träger geführt, der, falls selbst nicht leit-

fähig, mit einem Leiter versehen ist, an den der Bonddraht angeschlossen werden kann. Die Justierung des LWL in Bezug auf das Halbleiterbauelement erfolgt durch Justierung des LWL am Submount entweder direkt oder mittels eines gesonderten Kopplungselementes, das seinerseits durch formschlüssige Verbindung mit dem Submount präzise auf das Halbleiterbauelement ausgerichtet wird.

Der Submount besteht aus einem Metall oder aus Kunststoff mit einer Oberflächenmetallierung und kann dann unmittelbar die elektrische Verbindung zwischen dem Träger und einer Elektrode des Halbleiterbauelements herstellen. Er kann auch aus einem isolierenden Material, wie z.B. mikrostrukturierter Keramik, bestehen. In jedem Falle ist es günstig, wenn der Submount gut wärmeleitfähig ist, um die von dem Halbleiterbauelement ausgehende Wärme gut abzuleiten. Es versteht sich, daß wenn der Submount nicht der elektrischen Verbindung zu einer der Elektroden des Halbleiterbauelements dienen kann, das Halbleiterbauelement mittels wenigstens zweier Bonddrähte elektrisch angeschlossen werden muß.

Das Kopplungselement wird insbesondere beim Koppeln von Faserleitern verwendet und besteht vorzugsweise aus einem thermoplastisch hergestellten Kunststoffkörper mit einer in einem oberen, ersten Segment zylindrischen Bohrung, die sich in einem zweiten, unteren Segment in der Form ähnlich einem Rotationsparaboloid verjüngen kann. Insbesondere die Innenwand dieses Paraboloids ist dann vorteilhafterweise reflektierend beschichtet, z.B. durch Beschichtung mit einer dünnen Silberschicht. Alternativ kann das Kopplungselement als massives Metallteil, beispielsweise aus Silber, Aluminium oder Kupfer, letzteres vorzugsweise mit reflektierender Beschichtung, ausgebildet sein, das durch Tiefziehen hergestellt ist. Bei großen Herstellungsserien ist das Tiefziehen von Teilen aus Weichmetallen nämlich preisgünstiger als das Spritzgießen solcher Teile.

Am Fußpunkt des Paraboloids ist eine Vertiefung ausgebildet, deren Randkontur im wesentlichen mit der äußeren Kontur des verwendeten Submount übereinstimmt, um den Submount formschlüssig aufzunehmen und dadurch das Kopplungselement an dem Submount auszurichten. Weiterhin hat es zur Aufnahme von einem oder mehreren Bonddrähten (letzteres beispielsweise bei isolierendem Submount, siehe oben) mindestens eine Aussparung.

Die Montage erfolgt in folgenden Arbeitsschritten:

- Auf einem Träger mit einer zum Drahtboden geeigneten Oberfläche wird ein Submount an einer hierfür vorgesehenen Stelle befestigt, beispielsweise aufgelötet oder mit Leitkleber aufgeklebt. Auch eine Befestigung mittels eines am Submount ausgebildeten Vor-

sprungs, beispielsweise eines Zapfens, an der dem Halbleiterbauelement abgewandten Seite, der in einer Vertiefung oder einem Loch des Trägers sitzt und darin gesichert ist, kommt in Betracht. Auf diesen Submount wird das Halbleiterbauelement durch Dieboden angebracht, wobei je nach erforderlicher Präzision eine im Submount befindliche Justagestruktur verwendet werden kann.

- Sodann wird das Halbleiterbauelement durch Drahtboden von dem Halbleiterbauelement ausgehend mit einem Leiter auf dem Träger elektrisch verbunden.

Bei Verwendung eines Kopplungselementen wird dieses so auf dem Submount aufgesetzt und ausgerichtet, daß das Halbleiterbauelement durch eine hierfür vorgesehene Öffnung des Kopplungselementes hindurchschauen kann. Das Kopplungselement hat eine Justiergestaltung derart, daß es präzise auf den Submount paßt und damit das Halbleiterbauelement exakt positioniert. Selbstverständlich darf es bei der Justierung nicht zu einer Verletzung des Bonddrahtes bzw. der Bonddrähte kommen. Um die Gefahr einer Bonddrahtverletzung zu vermeiden, kann der Submount einen seitlichen Bonddrahtschutz aufweisen.

- Sitzt das Kopplungselement richtig auf dem Träger, wird es in dieser Position mit dem Träger und dem Submount z.B. durch Kleben unlösbar und flüssigkeitsdicht verbunden.
- Sodann wird in den Submount, ggf, durch das Faserführungslöch des Kopplungselementes hindurch, ein transparenter Kleber eingefüllt, der auch in den Ausschnitt fleißt, in dem sich der Bonddraht erstreckt und dort den Bonddraht mit umschließt.

Dann wird der LWL eingesteckt, so daß sein Ende mit dem Kleber in Berührung gebracht wird und mit dem noch weichen Kleber verklebt. Fehlt ein Kopplungselement, richtet sich der LWL direkt am Submount aus, findet ein Kopplungselement Einsatz, erfolgt die Ausrichtung am Submount mittels des Kopplungselementen. Alternativ ist es auch möglich, statt des LWL zunächst einen Stöpsel aus einem nicht klebfähigen Material zu verwenden, der so lange am Platz bleibt, bis der Kleber ausgehärtet ist, und der dann gegen den LWL ausgetauscht wird. Diese Alternative ermöglicht es, denn LWL später ggf. auszutauschen.

Ist im Kopplungselement oder am Submount ein geeigneter Vorsprung, im Kopplungselement beispielsweise eine Ringschulter, vorgesehen, wo die Stirnfläche des LWL beim Einschieben anstößt, so bedeutet dieses für die Montage eine wesentliche Erleichterung, da nun nicht mehr auf die exakte, axiale Position des LWL geachtet werden muß. Die-

ses stellt auch eine wesentliche Verbesserung gegenüber der MicroMID-Technik dar, die keine passive, axiale Justage für den LWL vorsieht. Beim Einschieben des LWL bzw. des Stöpsels entweicht etwa überschüssiger Kleber am LWL bzw. Stöpsel vorbei. Alternativ kann eine Pfeife oder andere, aus der Gießtechnik geeignete Einrichtung vorgesehen sein, die überschüssigen Kleber, der beim Einsticken des LWL bzw. des Stöpsels von diesem verdrängt wird, aufnimmt.

Der Submount und ggf. das Kopplungselement können durch geeignete Formgebung und Beschichtung mit optischen Reflektoren versehen sein.

Die zum Betrieb des Halbleiterbauelements (LED und/oder ein in gleicher Weise zu montierender Photodetektor) notwendige elektronische Schaltungsanordnung kann in unmittelbarer Nähe des Halbleiterbauelements auf dem Träger, der z.B. eine zweiseitig ausgelegte Leiterplatte sein kann, z.B. auf der Leiterplattenrückseite, anbracht sein. Damit befindet sich beispielsweise ein Vorverstärker für eine Photodiode (PD) in nur ca. 1mm Entfernung von der PD. EMV-Probleme treten daher nicht auf. Da eine Leiterplatte in einem industrieüblichen Standardprozeß hergestellt wird, kann die auf ihr ausgeführte Verdrahtung problemlos nahezu beliebig komplex gestaltet werden. Auch sehr hochwertige Leiterplatten, wie Keramik- oder Teflonleiterplatten, die insbesondere für sehr hochfrequente Anwendungen notwendig sind, können eingesetzt werden.

Um ein komplettes Transceiversystem zu erhalten, kann man ein Kopplungselement mit flexibler Leiterplatte entweder in ein elektrisches Steckersystem einpassen und die LWL-Enden über ein Spleiß- oder Stecksystem anschließen oder aber das Kopplungselement mit starrer Leiterplatte wird direkt in eine Steckerbuchse eingesetzt, wobei die Steckkontakte z.B. durch Kontakte auf der Leiterplatte realisiert sind.

Im Gegensatz zu der bekannten MicroMID-Prozeßfolge wird bei der Erfindung der LWL nicht an dem Träger (z.B. Leiterplatte), sondern an dem das Halbleiterbauelement tragenden Submount justiert, und zwar direkt oder mittels des erwähnten Kopplungselementes. Ist der Submount ein metallischer oder metallisierter Körper, kann er nicht die von einem Träger, z.B. einer Leiterplatte geforderte Stromführung für beide elektrischen Anschlußleiter, sondern nur für einen von ihnen aufweisen. Durch die Justierung über den Submount entstehen jedoch andererseits Vorteile gegenüber der MicroMID-Technologie:

- Eine für jede Produktanwendung neu zu entwerfende Leiterplatte muß nicht in dem aufwendigen MicroMID-Verfahren mit hohen Rüstkosten realisiert werden. Die Anpassung

der äußenen elektronischen Beschaltung auf einer Standardleiterplatte benötigt wesentlich kürzere Entwicklungszeiten und ist kostengünstiger.

- Durch galvanisches Aufbringen einer 25 bis 50 µm dicken Kupferlage auf der MicroMID-Leiterplatte verliert die mikrostrukturierte Kunststoffoberfläche des MicroMID-Substrates wesentlich an Präzision. Da ein mikrostrukturierter Submount nach der Erfindung an seiner Oberfläche hochpräzise Justierstrukturen haben kann und beispielsweise aus einem massiven oder blechartigen Metall oder metallisierten Kunststoffelement besteht, erlaubt die Erfindung gegenüber MicroMID eine deutlich höhere Präzision.
- Die zur Justierung des optischen Halbleiterbauelements verwendbaren Strukturen auf dem mikrostrukturierten Submount müssen nicht notwendigerweise mit deutlichen Entformungsschrägen ausgebildet werden, weil sie nicht wie MicroMID in einem Mehrfachabformverfahren in Metall und Kunststoff hergestellt werden. Deshalb sind auch senkrechte Strukturen möglich. Wenn ein mikrostrukturierter Submount in Form eines etwa 100 µm dicken Bleches verwendet wird, kann die Öffnung für das Halbleiterbauelement sehr leicht durch Verbiegen des Bleches aufgeweitet und das Halbleiterbauelement eingefügt werden. Anschließend erfolgt mit der Entspannung des Bleches die Feinzentrierung des Halbleiterbauelements.
- Auf einem metallischen, mikrostrukturiertem Submount kann das elektro-optische Halbleiterbauelement auch gelötet, statt wie in MicroMID nur geklebt, werden. Dadurch entsteht eine sowohl thermisch als auch elektrisch bessere Verbindung zwischen Halbleiterbauelement und Submount, was besonders wichtig ist, wenn das Halbleiterbauelement eine LED mit schlechtem Wirkungsgrad ist, deren Verlustwärme abgeführt werden muß.
- Sowohl in MicroMID-Technik als auch in der klassischen Leadframe-Technik wird dafür gesorgt, daß die gesamte Metalloberfläche des Substrates bzw. des Leadframe drahtbondbar ist. Eine hierfür geeignete Oberflächenbeschichtung ist teuer (Palladium-Unterlage) und hat insbesondere den Nachteil, daß das optische Reflexionsverhalten der Schicht nicht optimal ist. Eine nicht bondfähige Silberschicht hätte für viele Anwendungen einen besseren Reflexionsfaktor, kann aber aus o.g. Grund nicht eingesetzt werden. Da es hingegen bei der Erfindung im allgemeinen nicht notwendig ist, auf dem Submount drahtzubonden, kann dieser mit einer ideal reflektierenden Beschichtung versehen werden, die nicht auf Bondfähigkeit zu achten braucht.

Ist das Substrat des Halbleiterbauelements nicht-leitend, so daß eine unmittelbare elektrische Kontaktierung desselben an dem Submount nicht möglich ist, muß die eine elektrische Verbindung zwischen Halbleiterbauelement und dem Träger durch Drahtboden entweder auf den Submount oder unmittelbar auf den Träger hergestellt werden, während die andere elektrische Verbindung zwischen Halbleiterbauelement und Träger durch Drahtboden unmittelbar auf den Träger erfolgt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind eine Reihe von Varianten möglich und sinnvoll, welche sich abhängig von der geforderter Präzision und den Abstrahlungseigenschaften der Sendediode vorteilhaft auswirken.

Wenn zuvor und nachfolgend von einer LED oder Sendediode als Halbleiterelement gesprochen wird, soll dieses nicht als einschränkend verstanden werden, sondern nur als Beispiel, weil die Erfindung in gleicher Weise auch im Zusammenhang mit lichtempfangenden Halbleitern, wie Photodioden, Phototransistoren oder Photowiderständen anwendbar ist.

Die Erfindung soll nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1a und 1b zeigen im Längsschnitt und in Draufsicht eine erste Ausführungsform der Erfindung mit einem Parabolspiegel im Kopplungselement;

Fig. 2a und 2b zeigen im Längsschnitt und in Draufsicht als Teil einer zweiten Ausführungsform der Erfindung einen Submount mit Parabolspiegel und gefrästem Schlitz für die Aufnahme eines Bonddrahtes;

Fig. 3a und 3b zeigen im Längsschnitt und in Draufsicht als Alternative zur Ausführungsform nach den Fig. 2a und 2b einen Submount mit Parabolspiegel und Bohrung für die Aufnahme eines Bonddrahtes;

Fig. 4 zeigt im Längsschnitt die zweite Ausführungsform entsprechend Fig. 2a und 2b mit einem Submount mit einem daran justierten Kopplungselement;

Fig. 5 zeigt im Längsschnitt als dritte Ausführungsform einen Submount ohne Reflektor und ein daran justiertes Kopplungselement mit Reflektor;

Fig. 6a bis 6c zeigen in Draufsicht und in Längsschnitten als vierte Ausführungsform einen in Mikrostrukturtechnik ausgeführten Submount in verschiedenen Montageschritten und Fig. 6d im Längsschnitt die Anordnung nach Fig. 6c mit daran angepaßtem Kopplungselement;

Fig. 7a bis 7e zeigen ein Spritzgießwerkzeug und verschiedene Stufen im Herstellungsvorgang eines in Mikrostrukturtechnik ausgeführten Submount gemäß der vierten Ausführungsform;

Fig. 8 zeigt die Abstrahldiagramme verschiedener Arten von lichtemittierenden Halbleitern;

Fig. 9 zeigt im Längsschnitt und in Draufsicht eine Leiterplatte mit mehreren Submounts und einem gemeinsamen Kopplungselement mit den Merkmalen der vierten Ausführungsform;

Fig. 10 zeigt in Draufsicht einen in Mikrostrukturtechnik ausgeführten Submount für zwei optische Halbleiterchips nach den Fig. 9a und 9b;

Fig. 11 zeigt ein Kopplungselement mit Umlenkspiegel auf mikrostrukturiertem Submount;

Fig. 12 zeigt ein Kopplungselement mit 90°-Umlenkung mittels einer flexiblen Leiterplatte;

Fig. 13 zeigt eine Glasfaserjustierung mittels einer hochpräzisen Ferrule als fünfte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 14 zeigt eine sechste Ausführungsform, bei der die eine Glasfaser aufnehmende Ferrule selbst das Kopplungselement bildet;

Fig. 15a und 15b zeigen im Längsschnitt und in Draufsicht eine siebente Ausführungsform mit einem Submount, der eine Sende- und eine Empfangsdiode trägt, mit gemeinsamem Lichtwellenleiter;

Fig. 16 zeigt im Längsschnitt schematisch die Herstellung einer hohen Präzisionsanforderungen genügenden Passung von Kopplungselement und Faserhalterung;

Fig. 17 zeigt eine Konstruktion ähnlich Fig. 15a mit einem Kopplungselement aus transparentem Kunststoff;

Fig. 18 zeigt als achte Ausführungsform der Erfindung eine Konstruktion mit 90°-Umlenkung und einem Kopplungselement aus transparentem Kunststoff,

Fig. 19 zeigt eine neunte Ausführungsform mit einem Submount, der mittels eines Zapfens an einem Träger festgelegt ist, mit einem als Parabolspiegel ausgebildeten Kopplungselement;

Fig. 20 zeigt eine zehnte Ausführungsform mit einem Submount, der mittels eines Zapfens an einem Träger festgelegt ist und integral mit einem einen Lichtwellenleiter ausrichtenden Parabolspiegel ausgebildet ist;

Fig. 21 eine Draufsicht auf einen Leadframe (Rahmenblech), der zur Halterung der Submounts aus den neunten und zehnten Ausführungsformen geeignet ist;

Fig. 22 eine schematische Darstellung eines Anwendungsbeispiels der Erfindung mit einem schichtförmigen, ebenen Lichtwellenleiter, und

Fig. 23 eine schematische Darstellung eines Anwendungsbeispiels der Erfindung mit einem schichtförmigen, tubusförmigen Lichtwellen.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Figuren 1a und 1b zeigen eine Anordnung aus Submount 1 mit darauf angebrachter Leuchtdiode (nachfolgend LED) 2 und einem an dem Submount 1 justierten Kopplungselement 3 vorzugsweise aus Kunststoff. Der Submount besteht im vorliegenden Beispiel aus Metall und ist auf einer Leiterplatte 4 befestigt, vorzugsweise aufgelötet, und verbindet die eine Elektrode der LED elektrisch mit der auf der Leiterplatte 4 enthaltenen elektrischen Schaltung. Die andere Elektrode der LED ist mittels eines Bonddrahtes 5 elektrisch mit der auf der Leiterplatte 4 befindlichen Schaltung verbunden. Der Bonddraht 5 ist von einem Schlitz 6 in dem den Submount 1 umgebenden Abschnitt des Kopplungselementes 3 aufgenommen und dadurch gegen Verletzung geschützt.

In dem Kopplungselement 3 ist eine Bohrung ausgebildet, die einen Lichtwellenleiter (nachfolgend LWL) 7 aufnimmt, der in diesem Beispiel eine optische Faser ist. Die Bohrung hat eine Ringschulter 8 im Abstand über ihrem unteren Ende, an der sich die Stirnfläche des LWL 7 abstützt. Unterhalb dieser Schulter 8 ist die Bohrung parabolisch ausgebildet und

weist eine Verspiegelung 19 auf, um von der LED 2 ausgehende Lichtstrahlen, die die Bohrungswand treffen, in den LWL 7 zu reflektieren.

Wie ersichtlich, hat die Bohrung im Kopplungselement 3 an ihrem unteren Ende einen Querschnitt, der an den des Submount 1 angepaßt ist, so daß das Kopplungselement 3 an dem Submount 1 zentriert wird.

Der Zwischenraum zwischen der Stirnfläche des LWL 7 und der LED 2 sowie der Schlitz 6 sind mit einem transparenten Kleber K ausgefüllt, der bis an das Ende des LWL reicht und die optische Kopplung zwischen LED 2 und LWL 7 verbessert. Es versteht sich, daß beim Einfüllen des Klebers K der Schlitz 6 bzw. die Bohrung 6a im Submount 1 unten verschlossen sein muß, was beispielsweise durch den Träger 4 (siehe Fig. 1) gewährleistet ist, der in den Fig. 4 und 5 nicht dargestellt ist.

Alternativ zu Fig. 1 kann bei der Herstellung der Anordnung nach dem Einfüllen des transparenten Klebers K anstelle des LWL 7 zunächst ein Stöpsel aus nicht klebbarem Material, z.B. POM, PTFE oder ein verchromter Metallstift, in die Bohrung des Koppelements 3 eingesetzt werden, der nach Aushärten des Klebers K aus der Bohrung wieder herausgezogen werden kann. In das so entstandene Loch kann nun der LWL 7 steckbar eingesetzt und ggf. wieder herausgenommen werden.

Die Fig. 2 bis 4 zeigen beispielhaft einen Submount mit Reflektor (Verspiegelung 19) als Dreiteil mit Schlitz 6 (Fig. 2) bzw. Bohrung 6a (Fig. 3) für die Aufnahme eines Bonddrahtes. Auf eine detaillierte Erläuterung kann verzichtet werden, da die Zeichnungen für sich selbst sprechen.

In Fig. 4 ist gezeigt, wie das Kopplungselement 3 auf einen Submount 1 nach den Fig. 2 und 3 gefügt wird und der LWL 7 justiert wird. Man erkennt den Faserstop als schmalen ringförmigen Absatz 8 am Submount 1, da der obere Rand des darin ausgebildeten Reflektors 19 einen geringfügig kleineren Durchmesser hat, als der von dem Kopplungselement 3 gefaßte LWL 7, dessen Stirnfläche somit auf diesem Absatz 8 zur axialen Faserjustierung aufsitzt.

Für gewisse Anwendungen, beispielsweise in der Automobilindustrie, könnten gedrehte Submounts nicht ausreichend kostengünstig sein, so daß man dazu übergehen wird, das in den Fig. 2 bis 4 gezeigte Teil durch Stanzen und Tiefziehen herzustellen. Hierbei muß in einem Arbeitsgang der Submount aus einem ebenen Blech so verformt werden, daß er die

benötigte Oberfläche erhält, und gleichzeitig die Öffnung für den Bonddraht ausgestanzt werden.

Alternativ kann der Reflektor 19 im Kopplungselement 3 ausgebildet sein (Fig. 1 und 5), was insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn der Reflektor axial so lang werden muß, daß er im Submount nicht mehr technisch sinnvoll ausgeführt werden kann. Lange Reflektoren, wie in Fig. 5 dargestellt, sind vorteilhaft beim Einsatz achsnah abstrahlender Sendedioden, wie beispielsweise RCLEDs.

Durch Erzeugung einer Vertiefung (rund oder bei einem Stanzteil auch eckig) auf dem Submount an der Stelle, wo die LED positioniert werden soll, ist es möglich, für den Halbleiterchip eine passive Justiervorrichtung zu schaffen.

Ergänzend sei angemerkt, daß Stanz- und Tiefziehtechniken die für die Massenproduktion (Größenordnung 1 Mio. und mehr) geeigneten Herstellungsverfahren für Submounts sind, doch muß die erforderliche Präzision gewährleistet sein. Wegen des benötigten Durchbruchs im Submount für den Bonddraht sind zwei Bearbeitungsschritte erforderlich, die ggf. auch gleichzeitig ausgeführt werden können, nämlich Umformung des Ausgangsbleches oder Ausgangsrahtes (beim Tiefziehen arbeitet man vorteilhaft mit Drahtmaterial als Halbzeug, weil sich so keine Materialverluste ergeben) zur Erzeugung des Reflektors bzw. der Chipjustage und der Justagestruktur für das Kopplungselement, und Ausstanzen des Loches bzw. des Schlitzes für die Bonddrahtdurchführung. Alternativ kann das Loch bzw. der Schlitz durch Laserschneiden hergestellt werden. Als Material für gestanzte Submounts eignet sich entweder Bronze mit hohem Kupferanteil (leicht verformbar, gute Wärmeleitung) oder aber analog zu Autoscheinwerfern eine sehr reine Aluminiumlegierung (99% Al), die sich ebenfalls sehr leicht umformen läßt, aber auch Silber. Ein Submount aus Bronze muß vor oder nach dem Stanzvorgang galvanisch beschichtet werden, um eine hochglänzende Oberfläche zu erhalten, ein Submount aus Aluminium wird anschließend elektropoliert, was allerdings nur bei sehr reinen Aluminiumsorten in hoher Qualität machbar ist.

Die in den Figuren 1 bis 5 gezeigten Submounts können auch aus einem Kunststoff durch thermoplastische Abformung hergestellt werden, wenn dieser Kunststoffkörper anschließend durch einen metallischen Beschichtungsvorgang so präpariert wird, daß die Verlustwärme der Sendediode abgeführt werden kann, und, wenn der Submount einen Reflektor enthalten soll, die Metalloberfläche ausreichend gut reflektiert. Eine Beschichtung mit ca. 30 µm Kupfer und anschließend dünner Silberauflage erfüllt in der Regel diese Anforderung. Der Vorteil

dieses Aufbaus liegt in der einfachen und dennoch hochpräzisen Gestaltungsmöglichkeit des Kunststoffsubmount.

Gleichfalls möglich ist es, den Submount aus mikrostrukturierter Keramik herzustellen, denn dieses Material ist grundsätzlich spritzgießbar.

Es ist auch möglich, sowohl Submount als auch Kopplungselement mit Reflektoren zu versehen.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist, daß der Bonddraht von der Sendediode zur Leiterplatte äußerst kurz gehalten werden kann. Für Frequenzen bis zu einigen 100 MHz ist ein ca. 1mm langer Bonddraht noch unkritisch. Höhere Frequenzen von über 1 GHz, wie sie typischerweise in Glasfaserleitungen auftreten, benötigen kürzere Bonddrähte. Die in Fig. 1 bis 5 gezeigten Konstruktionen ebenso wie Lösungen mit gestanzten bzw. tiefgezogenen Submounts erfüllen in diesem Frequenzbereich allerdings nicht die hier auftretenden Präzisionsanforderungen. Für diese Anwendungen ist es notwendig, die Submounts mit Verfahren der Mikrostrukturtechnik herzustellen, die nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 6a bis Fig. 6d erläutert wird.

Fig. 6a zeigt in Draufsicht einen möglichen Aufbau für einen mikrostrukturierten Submount 1. Er besteht er aus einem U-förmigen, flachen Gebilde aus Metall. Zwischen den beiden langen Schenkeln des U, so nahe wie möglich am Rand, befindet sich eine Vertiefung 9, in der das Halbleiterbauelement 2, im vorliegenden Falle eine LED, präzise aufgenommen werden kann. Der mikrostrukturierte Submount 1 wird gemäß Fig. 6ba oder Fig. 6bb auf die Leiterplatte 4 so aufgeklebt oder gelötet, daß später ein Bonddraht 5 von der LED 2 auf den Kontakt 10 der Leiterplatte 4, der sich zwischen den langen Schenkeln des U befindet, gebondet werden kann (Fig. 6c).

Abhängig von dem Herstellungsverfahren für den mikrostrukturierten Submount kann dieser aus einem massivem Metallteil (Fig. 6ba) oder aus einem Blech mit an jeder Stelle konstanter Dicke (Fig. 6bb) bestehen. Wenn auf eine dünne Metallschicht auf seiner Unterseite galvanisch so viel Metall abgeschieden wird, daß die dort vorhandenen Vertiefungen ausgefüllt werden, und diese Seite dann durch Bürsten planiert wird, erhält man einen Aufbau nach Fig. 6ba. Wird auf die Metallschicht hingegen galvanisch nur dünn aufgebaut, erhält man das Ergebnis von Fig. 6bb.

Da sich der Bonddraht 5 unterhalb der äußeren, U-förmigen Erhebung befindet, ist er gegen Beschädigung durch seitliche Einwirkung geschützt. Wird der mikrostrukturierte Submount 1 aus einem thermisch gut leitenden Material wie z.B. Kupfer hergestellt, bildet er eine exzellente Wärmesenke für die von der Diode 2 erzeugte Verlustwärme.

Fig. 6d zeigt, wie das Kopplungselement 3 an dem mikrostrukturierten Submount 1 justiert werden kann, wenn das Kopplungselement 3 auf seiner Rückseite die zu dem mikrostrukturierten Submount 1 inverse Oberflächenstruktur hat. Allerdings kann die LED 2 nicht in das Reflektorinnere im Kopplungselement 3 hineinreichen, weil sie allseitig von dem mikrostrukturierten Submount 1 umgeben ist.

Ein Verfahren, mit dem der mikrostrukturierte Submount und das zugehörige Kopplungselement hergestellt werden können wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 7a bis Fig. 7d gegeben.

Fig. 7a zeigt ein zweiteiliges Spritzgießwerkzeug zur Herstellung von Submount und dazu passendem Kopplungselement. Das Spritzgießwerkzeug besteht aus einem Oberteil 11 und einem Unterteil 12, die mittels Paßstiften 13 und Paßbohrungen 14 aneinander ausgerichtet sind und einen Hohlraum umschließen.

Mit Ausnahme der Vertiefung 9 für die Aufnahme des Halbleiterchip ist die Präzision der Oberflächenstruktur des Werkzeuges unkritisch, da jeder "Fehler" automatisch gleichzeitig in Kopplungselement und mikrostrukturierten Submount einfließt. Die Hauptschwierigkeit bei der Erstellung des Werkzeuges ist daher die präzise Einarbeitung einer rechteckigen Vertiefung 9 mit typischerweise  $250\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$  Fläche in das Unterteil 12 des Spritzwerkzeugs. Wenn hierfür (aus Kostengründen!) keine Galvanotechnik eingesetzt werden soll, bieten sich alternativ zwei einfachere Methoden an: Senk-Erodieren mit Mikroabmessungen oder Präzisionsbohren/Fräsböhrungen. Das letztere Verfahren ist das mit Abstand kostengünstigste, sofern nicht die senkrechten Wände bei der Abformung Schwierigkeiten bereiten.

Die obere Werkzeugteil 11 muß präzise zum unteren Werkzeugteil 12 justiert werden, was mit Hilfe der Paßstifte 13 und Paßbohrungen 14 gelingt. Sodann wird der umschlossene Hohlraum mit Kunststoff ausgespritzt und so ein Kunststoffkörper 15 erstellt, der in einer ersten Funktion als ein verlorener Formkern verwendet wird und in Fig. 7b dargestellt ist.

Für die Erstellung des Submount wird die untere Seite dieses Kunststoffkörpers 15 verwendet, in einer zweiten Funktion für die Erstellung des Kopplungselements sind beide Seiten des Kunststoffkörpers 15 erforderlich.

Zunächst wird die Herstellung des Submount erläutert.

Die gesamte Unterseite des mit der Spritzform hergestellten Kunststoffkörpers 15 nach Fig. 7b wird durch Sputtern, Bedampfen oder naßchemische Prozesse mit einer dünnen, elektrisch leitfähigen Schicht 16 versehen, siehe Fig. 7c. Anschließend wird diese Seite gebürstet bzw. poliert. Durch diesen Arbeitsschritt wird die dünne Metallisierung an allen hochstehenden Stellen 17 abgetragen und damit die Mikrostruktur des späteren Submount isoliert, siehe Fig. 7d. Es ist dieser Schritt, der erst die präzise Begrenzung des Submount an der "Bonddrahtstelle" erlaubt.

Auf der verbleibenden Metallschicht 16 wird nun ein galvanisch oder chemisch abscheidbares Metall in beliebiger Schichtenfolge aufgebracht. Das Ergebnis zeigt Fig. 7e, siehe dort 16a. Aspekte bei der Metallauswahl sind thermische Leitfähigkeit, mechanische Steifheit, Glattheit der Rückseite (einebnend), Löt- und Klebbarkeit (Benetzung). Für einen ersten Ansatzz sind Nickel und Kupfer brauchbare Kandidaten. Wird die Rückseite mit Zinn beschichtet, erleichtert sich ein Lötvorgang des Submount auf eine Leiterplatte.

Je nach Einebnungscharakter des verwendeten galvanischen Bades können metallische Aufwölbungen die Ebenheit der Rückseite des späteren Submount stören. In diesem Fall ist es nützlich, die galvanisch aufgebauten Schichten auf dem Kunststoffkörper 15 nochmals einem Schleifprozeß zu unterziehen und damit diese Grate zu entfernen. Bei nicht zu hohen Qualitätsanforderungen ist hierfür ebenfalls eine Bürstmaschine geeignet.

Anschließend wird der so gebildete Metallkörper von dem Kunststoffkörper 15 getrennt. Für diesen Vorgang kommen im Grunde alle Kunststoff zerstörenden Verfahren in Betracht, also thermische, chemische und mit Einschränkung auch mechanische, weil hierbei die metallische Mikrostruktur in Mitleidenschaft gezogen werden könnte. Bevorzugt kommt eine selektive Erwärmung der metallischen Mikrostrukturen (z.B. durch Mikrowellenbestrahlung, Hochstromerwärmung oder Wirbelstromheizung) auf oberhalb der Glasübergangstemperatur des Kunststoffes und anschließende Kunststoffreinigung in einem Bad aus organischen Lösungsmitteln, z.B. NMP-Bad, in Betracht.

Soll die metallische Mikrostruktur drahtbondfähig sein, muß sie hierfür nochmals eigens beschichtet werden. Der mikrostrukturierte Submount ist nun fertig für den Aufbau auf einer Leiterplatte.

Nun soll die Herstellung des zu diesem Submount exakt passenden Kopplungselementes erläutert werden.

Mit Hilfe des erwähnten zweiteiligen Werkzeugs wird ein Kunststoffkörpers 15 gespritzt, wie in Fig. 7b abgebildet. Die in ihm ausgebildete Ausnehmung 18 für die Aufnahme des Lichtwellenleiters wird in dem unteren, parabolischen Bereich 19 metallisiert, um als Reflektor wirken zu können. Ein einfacher Weg hierfür ist die aus der Spiegelherstellung und Schmuckwarenindustrie bekannte reduktive Silberbeschichtung mit Zwei-Komponenten Be sprühung. Ein anschließend aufgebrachter transparenter Lack kann die Silbermigration verhindern. Für Wellenlängen im fernen Infrarot müssen Goldbeschichtungstechniken angewandt werden.

Noch fehlen zwei Arbeitsschritte, damit das Kopplungselement einsatzfähig ist. In den Reflektorbereich 19 muß ein Loch gemäß Fig. 1 eingearbeitet werden. Dieses ist am einfachsten bei nicht zu hohen Präzisionsanforderungen mit einem Stanzwerkzeug machbar, das durch die Ausnehmung für den LWL präzise positioniert werden kann. Alternativ sind auch Bohrprozesse mit Laserstrahl möglich.

Bevor nun das Kopplungselement 3 auf den mikrostrukturierten Submount 1 aufgesetzt werden kann, müssen jene Bereiche 6 des Kunststoffkörpers 15 grob entfernt werden, die die elektronischen und elektrischen Elemente, also LED, Bonddraht, Schaltung usw. einnehmen sollen. Dies kann für kleine Stückzahlen der Einfachheit halber durch Ausbohren oder Ausfräsen geschehen, siehe hierzu die Beispiele von Fig. 1 bis Fig. 5, bei größeren Stückzahlen wird man das Werkzeug entsprechend modifizieren.

Submount und Kopplungselement, die nach dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt sind, passen mit extrem hoher Präzision aufeinander. Ihre Fügeoberflächen sind zueinander perfekt invers, da sie von einer identisch reproduzierbaren, geometrischen Fläche, der Fläche des Kunststoffkörpers in Fig. 7b, stammen.

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Sendedioden, wobei jede eine, auch abhängig vom Betriebsstrom, charakteristische Strahlung in den Raumwinkel abgibt. Fig. 8 zeigt drei typische Raumwinkelspektren, wie sie für VCSEL, RCLED und GaN-LEDs auf Saphirsubstraten

aufreten. Da die Strahlung einer VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser diode) normalerweise voll im Akzeptanzwinkelbereich eines LWL liegt, sind strahlformende Maßnahmen in diesem Fall überflüssig. Das erfindungsgemäße Kopplungselement wird in diesem Fall lediglich zur lateralen Justierung zwischen Diode und LWL eingesetzt. Die Strahlung einer RCLED (resonant cavity light emitting diode) nimmt dagegen schon einen deutlich größeren Raumwinkelbereich ein, so daß strahlformende Maßnahmen auch bei Ankopplung an LWL mit hoher Apertur vorteilhaft sind. Die RCLED-Strahlung ist aber noch im wesentlichen auf achsennahe Bereiche konzentriert, so daß ein langer Parabolreflektor mit großem Abstand von der LED eingesetzt werden sollte, der so berechnet ist, daß das auf die Reflektorfäche auftreffende Licht in den LWL reflektiert wird. Für eine LED mit sehr breitem Winkelspektrum und einer ggf. sogar direkt zur Seite strahlenden Charakteristik ist dagegen ein kurzer Reflektor die wirksamste strahlformende Maßnahme. Hier kann die in erheblichem Umfang in lateraler Richtung aus dem Diodenchip austretende Strahlung in den LWL einge-koppelt werden.

Wenn mehrere elektro-optische Chips (Arrays) in der erfindungsgemäßen Art auf einer Leiterplatte an LWL angekoppelt werden sollen, tritt folgendes Problem auf. Wenn die Submounts 1 für jede Sendediode 2 separat angefertigt und auf die Leiterplatte 4 gesetzt werden, passen sie nicht auf ein aus einem Teil bestehendes Kopplungselement 3. Zwei Lösungen hierfür sind vorgesehen:

Variante 1 zeigen Fig. 9a und 9b. Die LEDs 2 bzw. die LED/Submount-Einheiten werden vor der LWL-Ankopplung auf die Leiterplatte 4 aufgebondet. Dabei treten naturgemäß mechanische Toleranzen auf, die in dem in einem einzigen Teil ausgeführten Kopplungselement 3 für mehrere LWL 7 nicht aufgefangen werden können. Um diese Toleranzen aufzunehmen, kann eine flexible Leiterplatte 4 eingesetzt werden, die zur Erhöhung ihrer Flexibilität auch einen Schlitz 20 aufweisen kann. Die einfach beweglichen Zungen 21 der Leiterplatte 4 können dann problemlos an die für sie vorgesehene Stelle des Kopplungselementes 3 herangeführt werden.

Eine alternative Lösung ist in Fig. 10 dargestellt. Auf einem einzigen Submount 1 befinden sich mehrere Aufnahmen 9 für Halbleiterchips. Diese Lösung ist nur in Verbindung mit mikrostrukturierten Submounts anwendbar. Da der mikrostrukturierte Submount 1 mit hoher Präzision herstellbar ist, können die Abstände zwischen den Halbleiterchips so ausgewählt werden, daß der Submount 1 sich in das mit gleicher, hoher Präzision hergestellte Kopplungselement 3 einsetzen läßt. Eine Toleranzkompensation wie in Fig. 9 ist nicht erforderlich.

Im Übrigen wird zur Erläuterung der Fig. 10 auf jene zur Fig. 6 verwiesen, um Wiederholungen zu vermeiden.

Aus der MicroMID-Technologie sind Konstruktionen bekannt, die mit Umlenkreflektoren zur 90°-Umlenkung des von der Diode abgestrahlten Lichtes arbeiten, siehe in der genannten DE 198 51 265 A1 die Figur 11. Diese Konstruktionen haben in vielen praktischen Anwendungen den Vorteil, daß LWL und Leiterplatte in einer Ebene liegen und das Gehäuse um die Transceiveranordnung damit flacher ausgeführt werden kann. Vorteilhaft ist dies z.B. dann, wenn der Transceiver sich im Innern, also auf der Innenlage einer elektro-optischen Leiterplatte befinden soll.

Die Anwendung dieses Gedankens auf die erfindungsgemäßen Strukturen zeigt Fig. 11. Im Gegensatz zu DE 198 51 265 A1 findet die Justierung nicht mittels der Leiterplatte 4, sondern am Submount 1 statt.

Die Notwendigkeit zur 90°-Umlenkung zwischen LWL und Leiterplatte über einen Umlenkspiegel 19 ist bei den Möglichkeiten der offenbarten Erfindung nur in Spezialfällen gegeben (elektro-optische Leiterplatte, Ankopplung an integriert-optische Schaltung). Da die Leiterplatte 4, auf die der Submount 1 aufgesetzt wird, aus flexilem Material hergestellt werden kann, kann der Effekt der Einsparung von Bauhöhe (wie in Fig. 11 gezeigt) auch gemäß Fig. 12 durch Abknicken einer flexiblen Leiterplatte 4 erzielt werden. Durch diese Konstruktion wird der senkrecht auf der Leiterplatte 4 aufgesetzte LWL 7 mit der Leiterplatte 4 gleichfalls in eine Ebene gebracht.

Sollen Transceiver für Glasfasern als LWL mit Standarddurchmessern von 125 µm hergestellt werden, wird die Herstellung eines Kopplungselementes mit einem einige mm langen, hochpräzisen Loch von nur 125 µm Durchmesser technisch sehr schwierig. Hier bietet es sich gemäß Fig. 13 an, die Glasfaser 22 zunächst durch eine hochpräzise Ferrule 23 (Toleranzen unter 1µm) zu fassen und dann die Ferrule 23 in der erfindungsgemäßen Weise mittels des Kopplungselementes 3 an dem Submount 1 zu justieren. Fig. 13 zeigt diese Anordnung.

Noch größere Anforderungen an die Justiergenauigkeit können erfüllt werden, wenn die Ferrule 23 selbst zugleich auch das erfindungsgemäße Kopplungselement bildet. Fig. 14 zeigt einen Submount 1, der an seiner Oberseite so ausgebildet ist, daß die Ferrule 23 mit der darin gefaßten Glasfaser direkt einsteckbar ist und dem Halbleiterchip zentriert gegenübersteht.

Die in Fig. 15a und Fig. 15b dargestellte Konstruktion ermöglicht den extrem kostengünstigen Aufbau von Sende/Empfangsmodulen (Transceivern), die gleichzeitig (also nicht im Zeitmultiplex oder Gegensprechverkehr) den Datenempfang und die Datenaussendung ermöglichen. Auf einem gemeinsamen Submount 1 sind eine LED 2 als Sender und eine Photodiode 24 (PD) als Empfänger angeordnet. Zwischen diesen beiden Bauelementen weist der Submount 1 einen Rücken 25 auf, der die beiden Bauelemente optisch voneinander abschirmt. In einem Kopplungselement 3 ist ein den beiden elektronischen Bauelementen 2 und 24 gemeinsamer LWL gefaßt. Der Submount weist zwei Schlitze 6 zur Aufnahme der von den Bauelementen 2 und 24 zur Leiterplatte (nicht dargestellt) führenden Bonddrähte 5 auf. Der Rücken 25 dient zugleich der Abstützung des Lichtwellenleiters im vorgegebenen Abstand von den Bauelementen 2 und 24 und übernimmt somit die Funktion, die bei den anderen Ausführungsformen die Schulter 8 übernimmt.

Vorteilhaft gegenüber dem Stand der Technik ist, daß die Dioden 2 und 24 elektrisch wechselwirkungsfrei sind, da der Strom der Sendediode nicht durch den Chip der Empfängerdiode hindurchfließen muß.

In Fig. 16 ist im Längsschnitt eine für hohe Präzisionsanforderungen geeignete Ausführungsform dargestellt, bei der das Kopplungselement 3 einseitig mit zunächst einem Sackloch ausgebildet wird, das später von der Rückseite mechanisch geöffnet wird, beispielsweise durch Fräsen, wodurch der in Fig. 16 von der gestrichelten Linie umgrenzte Bereich an der Oberseite des Kopplungselementes 3 entfernt wird. Bei dieser Herstellungsmethode umgeht man die Toleranzen, die beim Spritzgießen von Werkzeugoberseite und Werkzeugunterseite auftreten, denn die zueinander passenden Teile sind von derselben Seite her definiert.

Besteht das Kopplungselement aus transparentem Kunststoff und ist der Brechungsindex des eingefüllten Klebers größer als der des Kopplungselementes, so entsteht im Kopplungselement ein optischer Wellenleiter, der zur Querschnittsanpassung zwischen Faser und Ein-koppelstelle verwendbar ist. So können beliebig viele elektro-optische Chips an eine einzige Faser angekoppelt werden. Ein Beispiel hierfür ist in Fig. 17 gezeigt.

Eine andere Anwendung ergibt sich, wenn der Transceiver einen integriert-optischen 1x2-Splitter für den bidirektionalen Betrieb auf einem einzigen LWL enthalten soll. Hier ist durch einen Umlenkreflektor eine besonders einfache Ankopplung der Sende- und Empfangsdioden an die integriert-optische Struktur möglich. Das Licht der Sendediode wird in diesem

Fall nicht in eine Faser, sondern in einen integriert-optischen Wellenleiter eingekoppelt, wie in Fig. 18 gezeigt. Hier besteht das Kopplungselement gleichfalls aus transparentem Kunststoff und der eingefüllte Kleber hat einen höheren Brechungsindex als das Kunststoffmaterial des Kopplungselementes.

Fig. 19 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der der Submount 1 an seiner dem Halbleiterbauelement 2 abgewandten Seite mit einem Zapfen 26 versehen ist. Der Submount 1 weist an seiner Oberseite eine mit einer Verspiegelung 19 versehene paraboloidförmige Vertiefung auf, vergleichbar der Ausführungsform von Fig. 4. Außerdem ist er an seiner Oberseite mit einer ringförmigen Stufe 27 versehen, an der ein zylindrisches Kopplungselement 3 zentriert ist, das eine axiale Bohrung aufweist, die paraboloidförmig gestaltet ist und sich an die Vertiefung im Submount 1 stufenlos anschließt. In das obere Ende dieser Bohrung ist ein Lichtwellenleiter 7 eingesetzt. Der Zwischenraum zwischen dessen Ende und dem ihm gegenüberstehenden, auf dem Submount befestigten Halbleiterelement 2 ist von einem transparenten Kleber K ausgefüllt.

Der Zapfen 26 des Submount ist von einem Durchbruch 28 in einer ersten Anschlußfahne 29 eines hier als Leadframe ausgebildeten Trägers 4 aufgenommen, der in Fig. 21 ausschnittsweise in Draufsicht dargestellt ist. In den Durchbruch 28 ragen am Leadframe integral ausgebildete Einpresshaken 30 hinein, die sich beim Eindrücken des Zapfens 26 in die Ausnehmung 28 an den Zapfen 26 federnd anlegen und sich mit ihren Spitzen in diesen eingraben, so daß der Zapfen 26 und hierdurch der gesamte Submount 1 an dem Leadframe 4 gesichert ist. Zusätzlich kann der Zapfen ggf. mit der Anschlußfahne 29 des Leadframe 4 verlötet werden, sofern er lötfähig ist. Der Leadframe 4 weist weiterhin eine zweite, von der ersten getrennte Anschlußfahne 31 auf, an der der Bonddraht 5 angeschlossen ist.

Zur mechanischen Stabilisierung der gesamten Anordnung ist der Leadframe 4 zusammen mit dem Submount 1 und dem Kopplungselement 3 im unteren Bereich desselben mit einem Kunststoff 32 vergossen. Dieser Kunststoff kann derselbe sein, der als Kleber K in die Bohrung und den Submount 1 eingefüllt ist, wobei in diesem Falle das Einfüllen des Klebers und das Vergießen der Anordnung mit Hilfe einer Gießform in einem einzigen Vorgang ausgeführt werden können. Es versteht sich, daß die beiden Anschlußfahnen 29 und 31 des Leadframe 4 verbindenden Stege 33 und alle anderen Teile des Leadframe, die nicht benötigt werden und die in Fig. 21 zu erkennen sind, nach dem Vergießen der Anordnung abgetrennt werden.

Die alternative Ausführungsform nach Fig. 20 unterscheidet sich von der nach Fig. 19 dadurch, daß der Submount und das Kopplungselement zu einer integralen Einheit 3 zusammengefaßt sind. Alle übrigen Merkmale gleichen denen der Fig. 19, so daß auf eine Wiederholung der Erläuterung verzichtet werden kann.

Fig. 22 zeigt eine Anordnung von im Beispiel vier Leuchtdioden, die nebeneinander an einen Rand 35 eines gemeinsamen Lichtwellenleiters 7 angekoppelt sind, der hier eine flache, lichtleitende Platte 34 beispielsweise aus einem Kunststoffmaterial ist. Die Leuchtdioden können dabei in Anordnungen gehalten sein, wie sie beispielsweise in den Fig. 19 und 20 dargestellt sind, und deren Ausbildung ist in Fig. 22 nur schematisch, d.h. ohne Einzelheiten gezeigt. Wesentlich ist allerdings, daß die Ankopplung an den den Leuchtdioden jeweils freien Enden von Parabolspiegeln 19 erfolgt, die Teil von Kopplungselementen 3 sind und die zu diesem Zweck jeweils entsprechende Ausschnitte an ihrer freien Stirnseite aufweisen, die den Randbereich des plattenförmigen Lichtwellenleiters 34 aufnehmen. Die Leuchtdioden können verschiedenfarbig sein, so daß sich die Lichtfarben in dem Lichtwellenleiter 34 additiv mischen. Auf diese Weise ist bei passender Abstimmung der Farbtemperatur und der Leuchttintensität der Leuchtdioden die Erzeugung der Mischfarbe weiß möglich.

Fig. 23 zeigt eine der Fig. 22 vergleichbare Anordnung, bei der aus Übersichtlichkeitsgründen die Leuchtdioden und ihre Kopplungselemente nicht dargestellt sind. Wesentlich gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 22 ist, daß der Lichtwellenleiter 34 als Rohr ausgebildet ist, an deren einen Rand 35 eine Vielzahl von Leuchtdioden jeweils mit einer erfindungsgemäßen Kopplungsanordnung angekoppelt ist, während der gegenüberliegende Rand als Lichtaustrittsfläche dient. Auch bei dieser Ausführungsform lassen sich Licht-Mischfarben erzeugen.

Es versteht sich, daß bei den Ausführungsformen der Fig. 22 und 23 vorzugsweise von allen Merkmalen Gebrauch gemacht ist, die unter Bezugnahme auf die vorangehenden Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, soweit diese einsetzbar sind. Das betrifft insbesondere die Verspiegelung aller an der Lichtführung beteiligten Komponenten, die Füllung von Leerräumen mit lichtdurchlässigen Klebern, die Ausrichtung der Lichtwellenleiter durch Formschluss an den Kopplungselementen und die Anbringung der Halbleiterbauelemente mittels Submounts an ihren jeweiligen Trägern sowie die Ausbildung derselben.

Ansprüche

1. Kopplungsanordnung zum optischen Koppeln eines Endes eines Lichtwellenleiters mit wenigstens einem elektro-optischen oder opto-elektrischen Halbleiterelement, das der Stirnfläche des Lichtwellenleiters optisch gegenübersteht, dadurch gekennzeichnet, daß
  - das Halbleiterelement (2) auf einem Submount (1) befestigt ist, der seinerseits an einem Träger (4) befestigt ist,
  - das Halbleiterelement (2) mit auf dem Träger (4) ausgebildeten Leitern, von denen wenigstens einer von dem Submount (1) elektrisch isoliert ist, mittels wenigstens eines Bonddrahtes (5) elektrisch verbunden ist,
  - das Ende des Lichtwellenleiters (7) formschlüssig an dem Submount (1) ausgerichtet ist, und
  - der Zwischenraum zwischen dem Halbleiterelement (2) und der freien Stirnfläche des Lichtwellenleiters (7) von einem transparenten Kleber (K) ausgefüllt ist.
2. Kopplungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Submount (1) wenigstens an seiner Oberfläche elektrisch leitend ist und elektrisch mit einer Elektrode des Halbleiterbauelements (2) und mit einem Leiter des Trägers (4) verbunden ist.
3. Kopplungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger eine Leiterplatte (4), ein TO-Gehäuse, ein Leadframe oder ein MID-Träger ist.
4. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Lichtwellenleiters (7) in einem Kopplungselement (3) befestigt ist, das formschlüssig an dem Submount (1) ausgerichtet ist.

5. Kopplungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Lichtwellenleiters (7) in eine Ausnehmung des Submount (1) spielfrei eingesetzt ist.
6. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Submount (1) auf seiner dem Halbleiterelement (2) abgewandten Seite mit einem Vorsprung (26) versehen ist, der in einer im Träger (4) ausgebildeten Vertiefung (28) sitzt und darin ausgerichtet ist.
7. Kopplungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorsprung (26) an dem Submount (1) in der Vertiefung (28) verrastet ist.
8. Kopplungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorsprung (26) an dem Submount (1) als ein Zapfen und die Vertiefung in dem Träger (4) als Durchgangsbohrung (28) ausgebildet ist und der Submount (1) in der Durchgangsbohrung (28) durch an dem Zapfen (26) anliegende, selbstsperrende Metallfederzungen (30) gesichert und mit dem Träger (4) elektrisch leitend verbunden ist.
9. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter (7) eine optische Faser oder Faserbündel ist.
10. Kopplungsanordnung nach den Ansprüchen 5 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung zur Aufnahme des Endes des Lichtwellenleiters (7) in dem Submount (1) einen kreisförmigen Umriss hat.
11. Kopplungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter ein Schichtleiter (34) aus optisch leitfähigem Material ist, der eine Stirnfläche (35) aufweist, die dem Halbleiterelement (2) gegenübersteht.
12. Kopplungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefung an dem Submount (1) seitliche Ausschnitte aufweist, in denen sich der Lichtwellen-Schichtleiter (34) erstreckt.
13. Kopplungsanordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellen-Schichtleiter (34) eine ebene oder gekrümmte Platte ist.

14. Kopplungsanordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellen-Schichtleiter (34) ein Tubus ist.
15. Kopplungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Lichtwellen-Schichtleiter (34) mehrere Halbleiterlemente (2) optisch angekoppelt sind.
16. Kopplungsanordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterelemente (2) Sendedioden unterschiedlicher Lichtemissionswellenlängen sind.
17. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleiterelement (2) mit dem Submount (1) durch Dieboden elektrisch leitend verbunden ist.
18. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Halbleiterelement (2) und der Stirnfläche (34) des Lichtwellenleiters (7) ein den optischen Weg umgebender, strahlformender, metallischer Reflektor (19) angeordnet ist.
19. Kopplungsanordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (19) eine Metallschicht auf den das Halbleiterelement (2) umgebenden Flächen des Submount (1) ist.
20. Kopplungsanordnung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (19) eine Metallschicht auf einer Wandung des Kopplungselementes (3) zwischen der Stirnfläche (34) des Lichtwellenleiters (7) und einem dem Halbleiterelement (2) benachbarten Endbereich des Kopplungselementes (3) ist.
21. Kopplungsanordnung nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Kopplungselement (3) wenigstens eine Aussparung (6) für die Aufnahme eines das Halbleiterelement (2) mit einer Schaltung verbindenden Bonddrahtes (5) ausgebildet ist.

22. Kopplungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Submount (1) wenigstens eine Aussparung (6) für die Aufnahme eines das Halbleiterelement (2) mit einer Schaltung verbindenden Bonddrahtes (5) ausgebildet ist.
23. Kopplungsanordnung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (19) den optischen Weg zwischen dem Halbleiterelement (2) und der Stirnfläche (34) des Lichtwellenleiters (7) um 90° umlenkt.
24. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Submount (1) ein Drehteil ist.
25. Kopplungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Submount (1) ein Stanzteil ist.
26. Kopplungsanordnung nach Anspruch 4 oder einem der davon abhängigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Kopplungselement (3) ein Tiefziehteil aus einem Weichmetall ist.
27. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter eine Glasfaser (22) ist, deren dem Halbleiterelement (2) benachbarter Endbereich von einer hochpräzisen Ferrule (23) gefaßt ist.
28. Kopplungsanordnung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Ferrule (23) in das Kopplungselement (3) eingesetzt ist.
29. Kopplungsanordnung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Ferrule (23) das Kopplungselement bildet und ihr Ende von einer im Submount (1) ausgebildeten Vertiefung aufgenommen ist.
30. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Submount (1) eine Justagestruktur (9) zur präzisen Ausrichtung des Halbleiterbauelements (2) ausgebildet ist.

31. Kopplungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Submount (1) durch ein Mikrostrukturierverfahren hergestellt ist, bei dem auf einen mikrostrukturiertem Kunststoffkörper (15) eine dünne, ganzflächige, leitfähige Beschichtung (16) aufgebracht, diese von allen hochstehenden Abschnitten (17) durch Oberflächenpolitur entfernt, auf den verbliebenen leitfähig beschichteten Flächen (16) durch Galvanisierung Metall aufgebracht und die erzeugte Metallstruktur von dem Kunststoffkörper (15) abgelöst wurde.
32. Kopplungsanordnung nach Anspruch einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Submount (1) ein elektro-optischer Sendewandler (2) und ein opto-elektrischer Empfangswandler (24) optisch gegeneinander abgeschirmt angebracht sind, die demselben Lichtwellenleiter (7) optisch gegenüberstehen.
33. Verfahren zum Herstellen einer Kopplungsanordnung zum optischen Koppeln eines Endes eines Lichtwellenleiters mit wenigstens einem elektro-optischen oder opto-elektrischen Halbleiterelement, das der Stirnfläche des Lichtwellenleiters optisch gegenübersteht, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
  - a) mit Hilfe eines zweiteiligen Werkzeugs, dessen einer Teil ein negatives Abbild für einen den Halbleiterwandler aufnehmenden Submount ist, wird ein Hohlraum gebildet, der das den Endbereich der Lichtleitfaser aufnehmende Kopplungselement nachbildet;
  - b) durch Ausspritzen des Hohlraums mit einem Kunststoff wird ein Formkörper hergestellt, der anschließend ausgeformt wird;
  - c) der Formkörper wird auf seiner den Submount negativ abbildenden Seite ganzflächig metallisiert;
  - d) die Metallisierung wird an allen hochstehenden Stellen durch Bürsten abgetragen;
  - e) die verbliebene Metallisierung wird durch galvanische Metallabscheidung verstärkt;

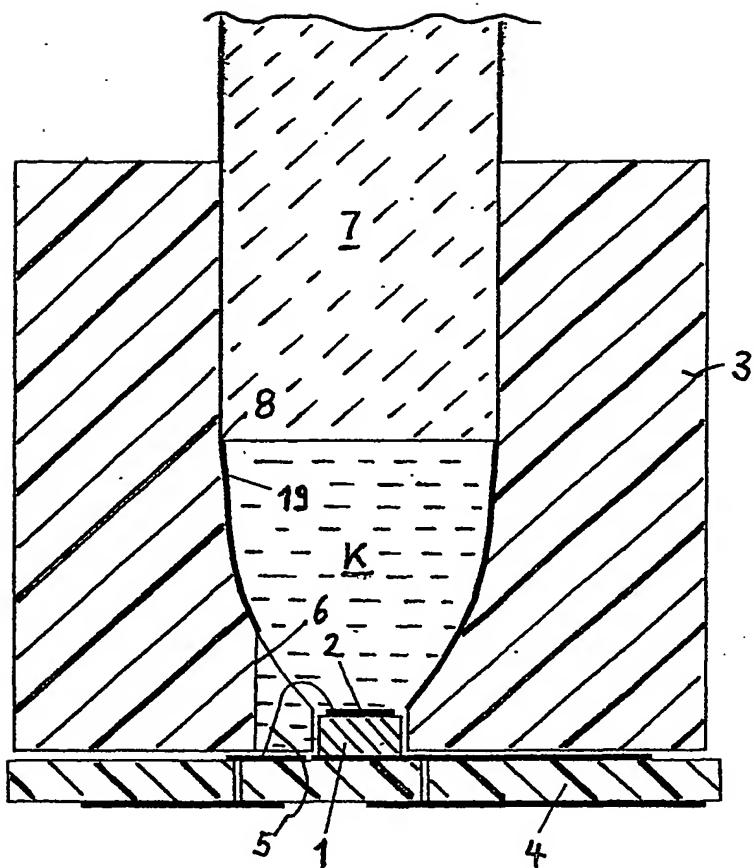
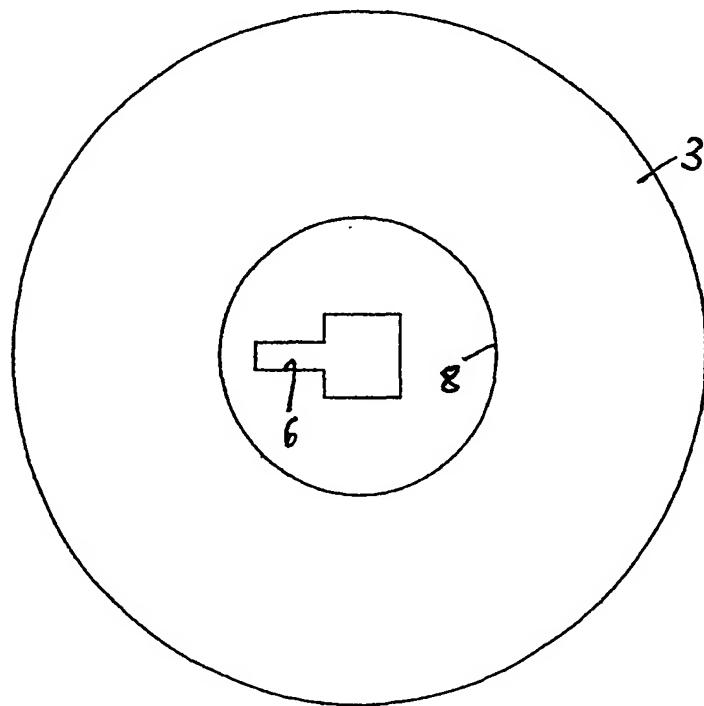
- f) die auf dem Formkörper ausgebildete Metallstruktur wird von dem Formkörper getrennt;
- g) ein entsprechend den Schritten a) und b) hergestellter Formkörper wird am Grunde einer für die Aufnahme des Lichtwellenleiters bestimmten Ausnehmung mit einer Lichteintrittsöffnung versehen und anschließend als einen Lichtwellenleiter aufnehmendes Kopplungselement auf den nach den Schritten a) bis e) ausgebildeten Submount aufgesetzt.

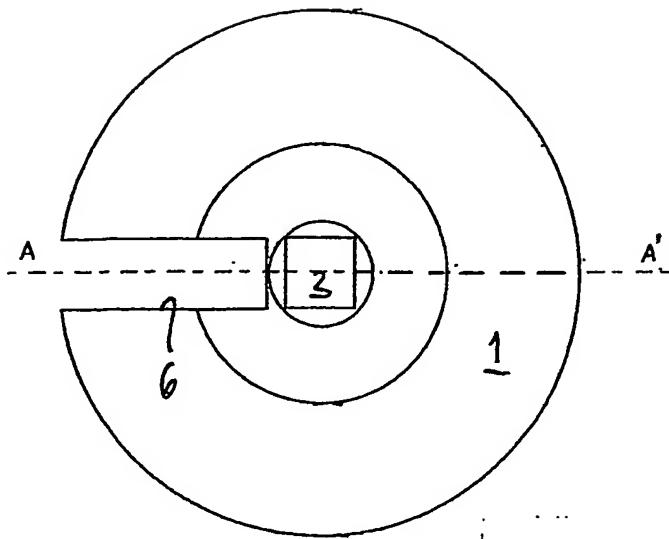
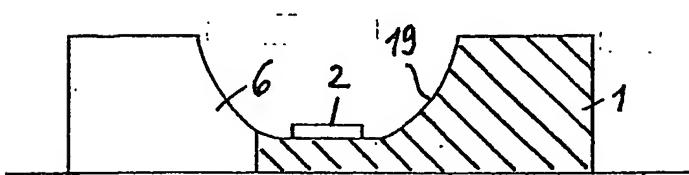
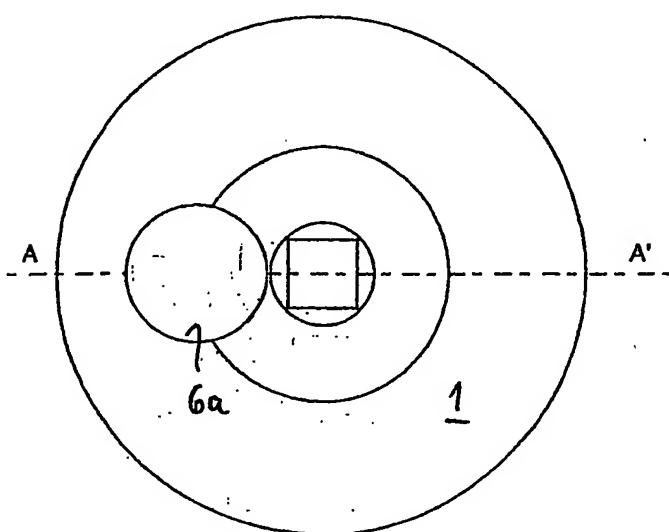
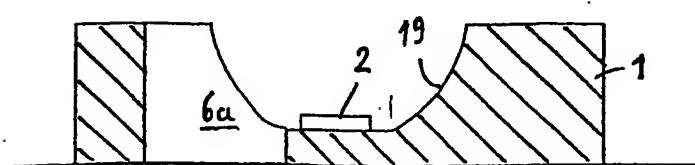
34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallstruktur zwischen den Schritten e) und f) entgratet wird.

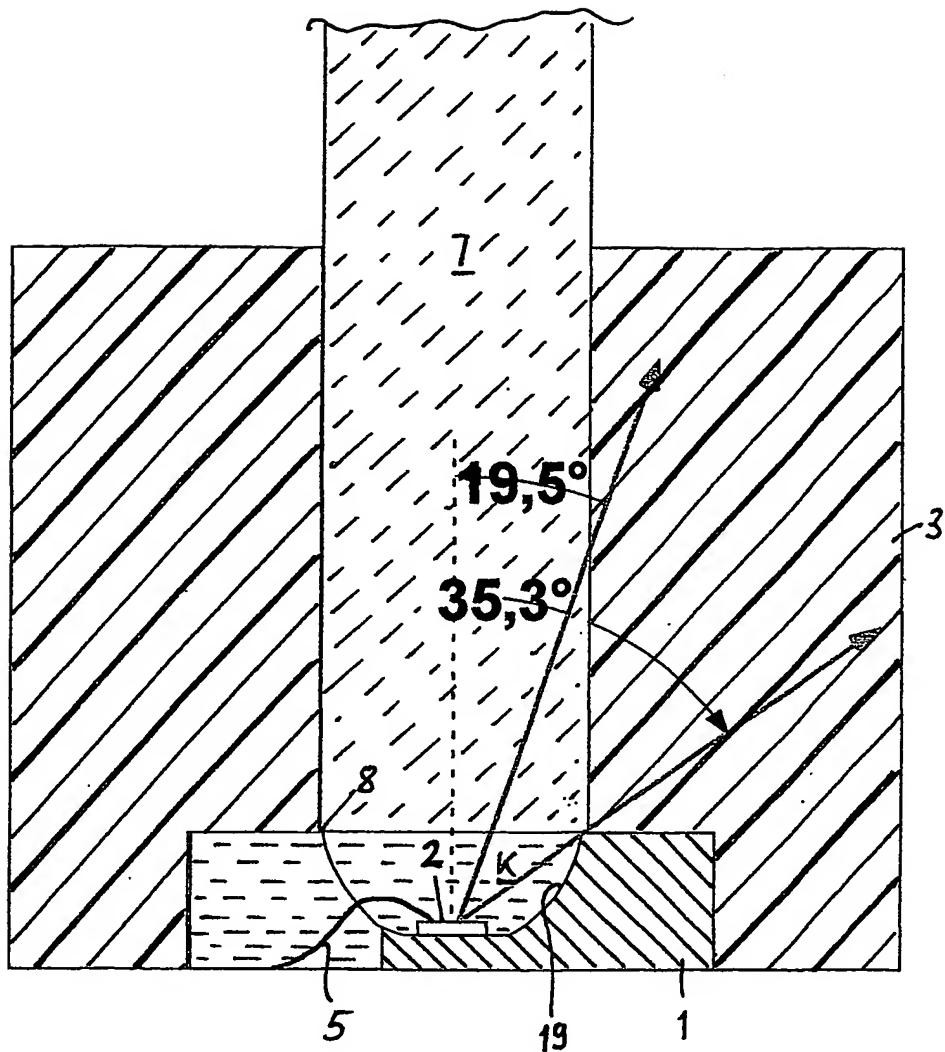
35. Verfahren nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Aufnahme des Lichtwellenleiters bestimmte Ausnehmung in ihrem dem Grunde benachbarten Bereich metallisiert wird.

36. Verfahren zum optischen Koppeln einer Lichtleitfaser mit einem elektro-optischen oder opto-elektrischen Halbleiterbauelement, das auf einem Submount montiert ist, an dem ein Kopplungselement ausgerichtet ist, das eine auf das Halbleiterbauelement ausgerichtete Bohrung aufweist, wobei man in die Bohrung einen transparenten Kleber einfüllt, der den Raum über dem Halbleiterbauelement und einen Teil der Bohrung ausfüllt und man anschließend die Lichtleitfaser in die Bohrung einführt und den Kleber in Berührung mit der Stirnfläche der Lichtleitfaser aushärtet läßt.

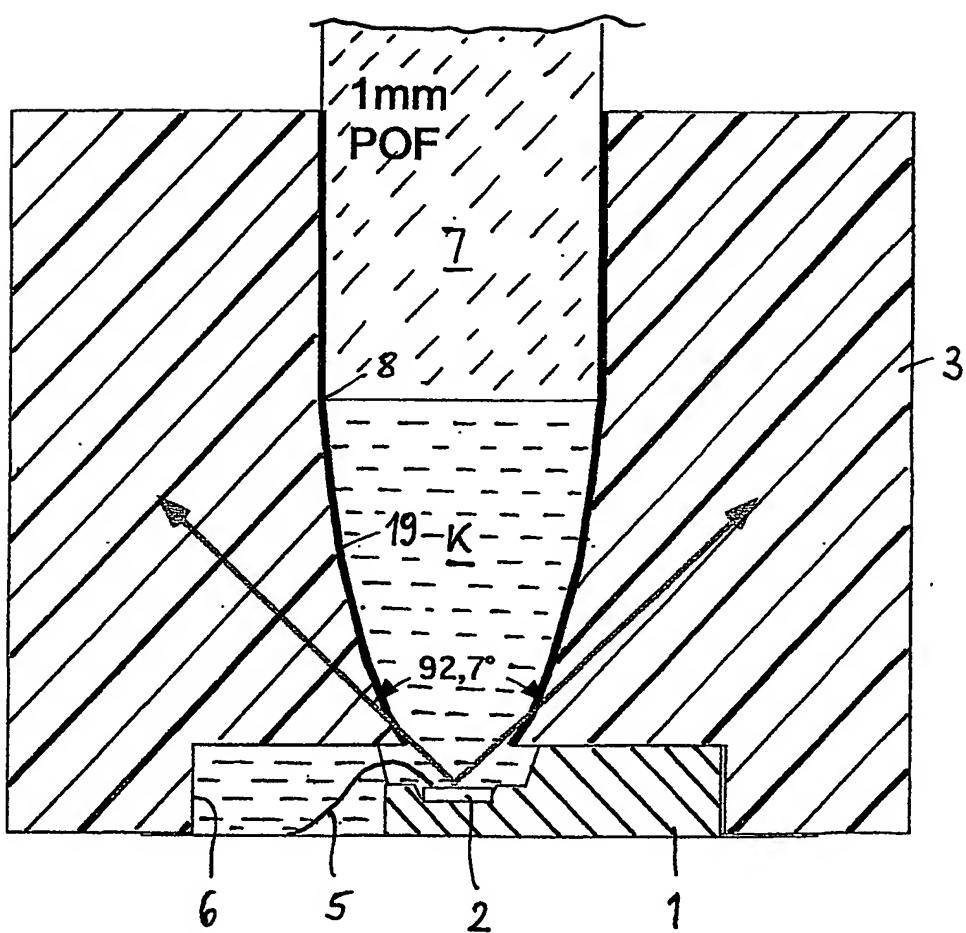
37. Verfahren zum optischen Koppeln des Endes einer Lichtleitfaser an ein elektro-optisches oder opto-elektrisches Halbleiterbauelement, das auf einem Submount montiert ist, an dem ein Kopplungselement ausgerichtet ist, das eine auf das Halbleiterbauelement ausgerichtete Bohrung aufweist, wobei man in die Bohrung einen transparenten Kleber einfüllt, der den Raum über dem Halbleiterbauelement und einen Teil der Bohrung ausfüllt und man anschließend in die Bohrung einen Stöpsel aus nicht klebfähigem Material einführt, den Kleber in Berührung mit der Stirnfläche des Stöpsels aushärtet läßt, den Stöpsel dann aus der Bohrung entfernt und schließlich das Ende der Lichtleitfaser in die Bohrung einführt.

**FIG. 1a****FIG. 1b**

**FIG. 2b****FIG. 2a****FIG. 3b****FIG. 3a**



**FIG. 4**



**FIG. 5**

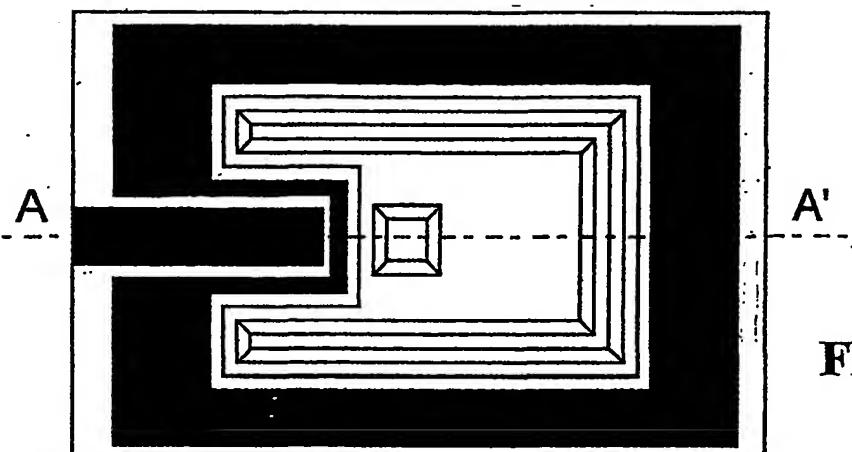


FIG. 6a

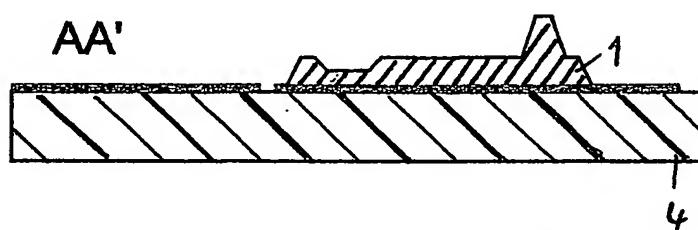


FIG. 6ba

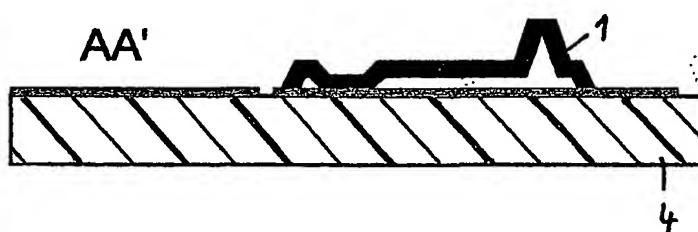


FIG. 6bb

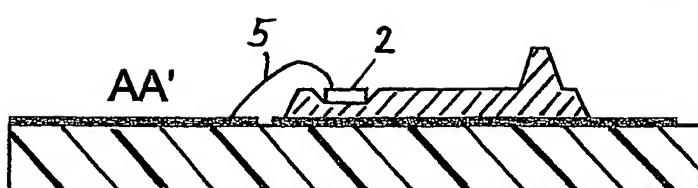


FIG. 6c

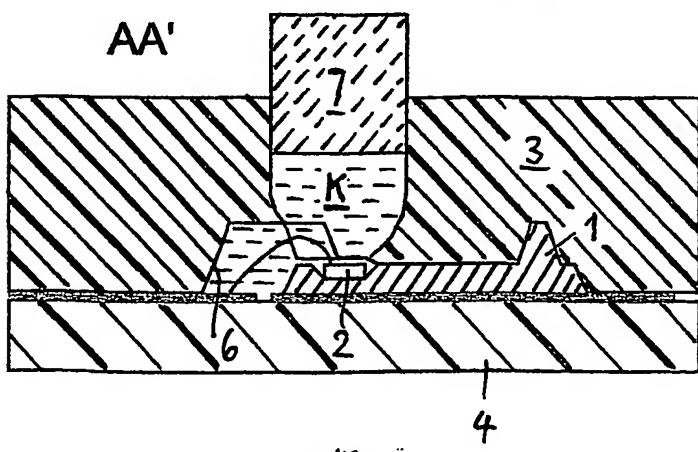
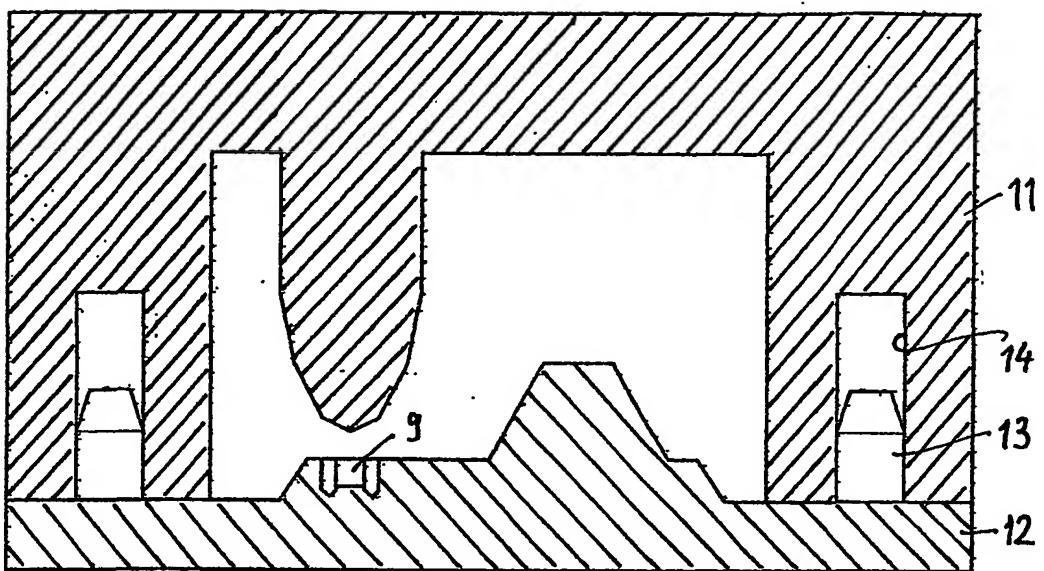
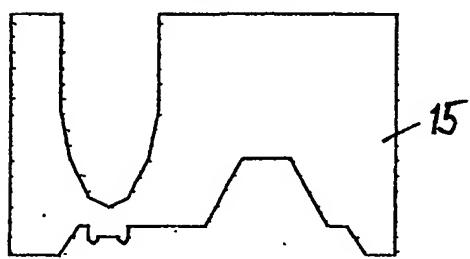
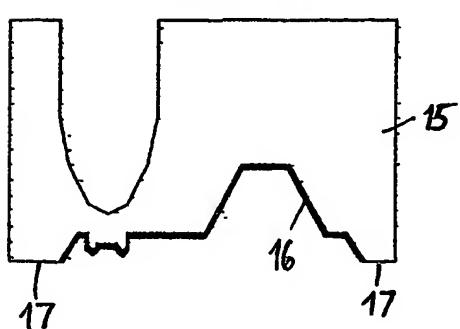
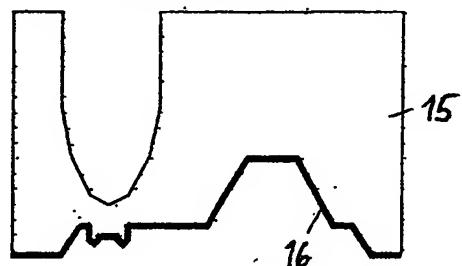
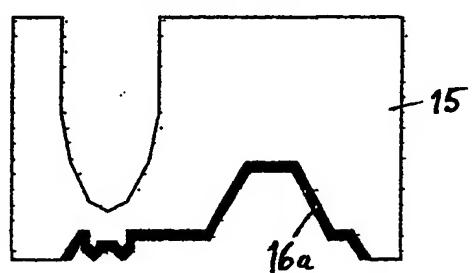
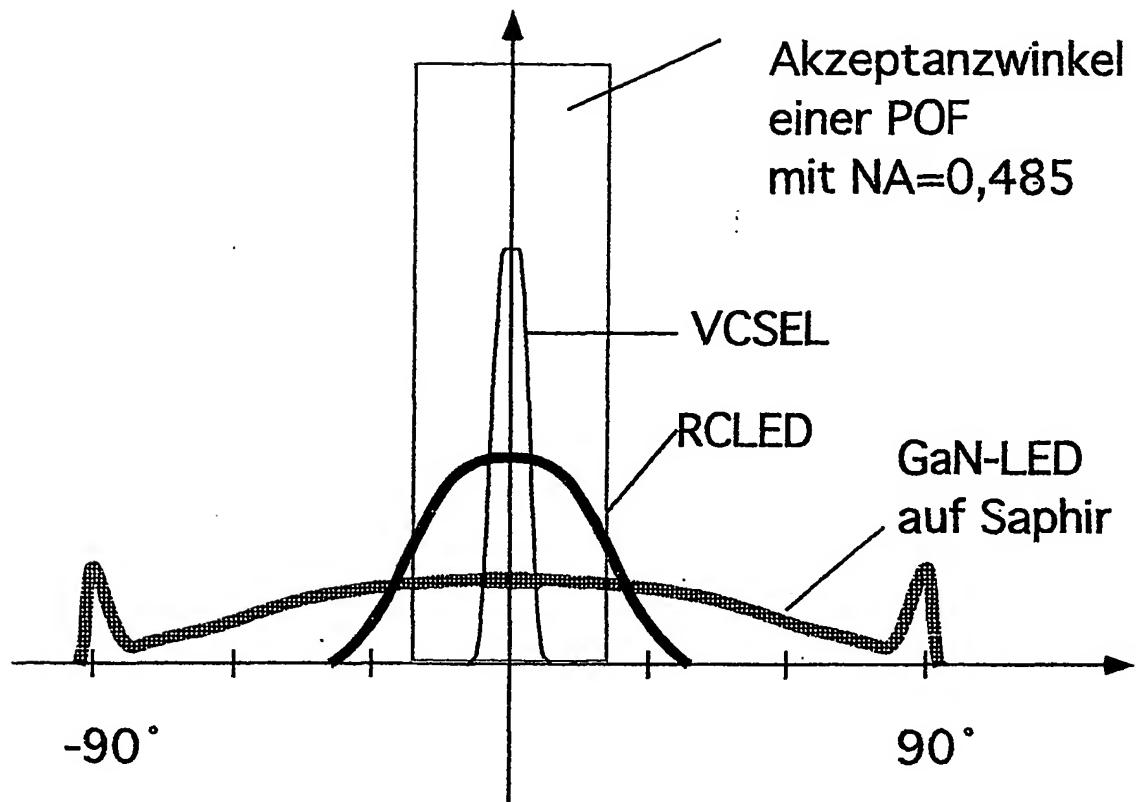
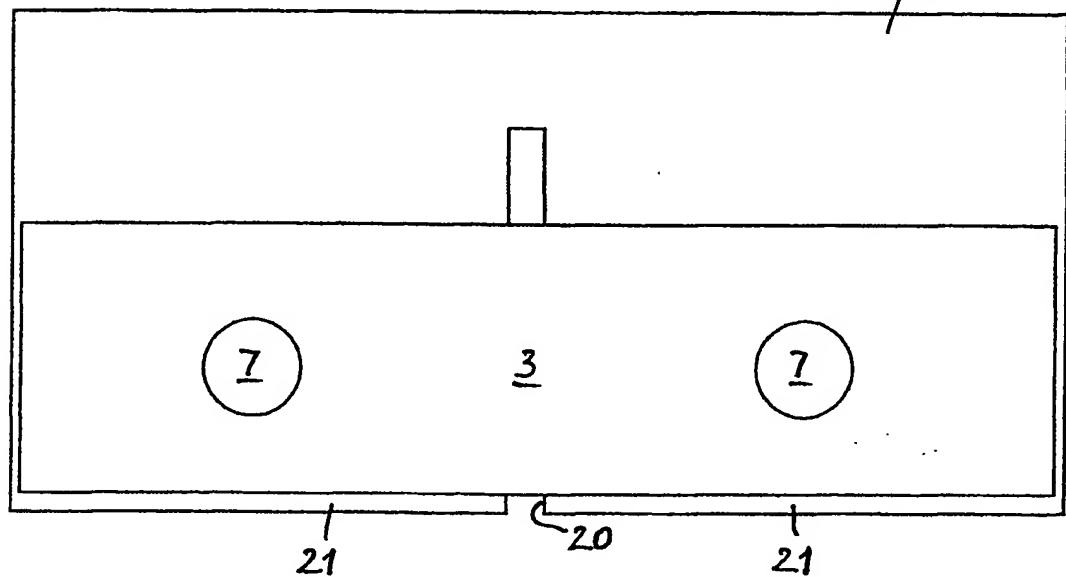
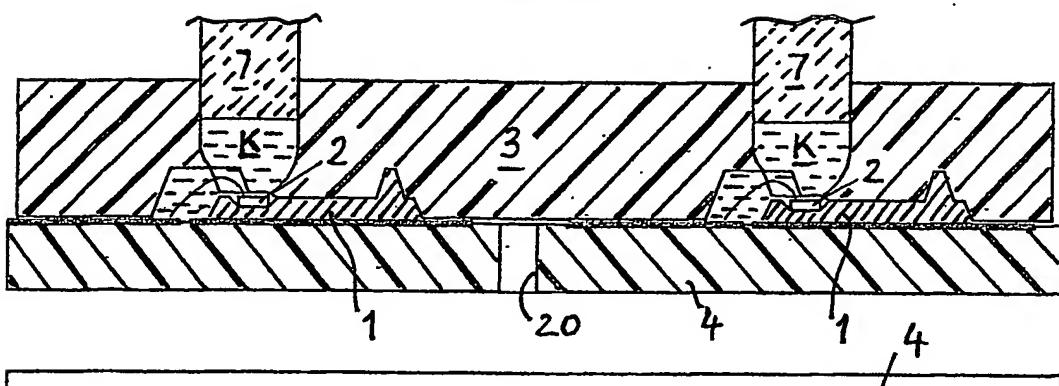


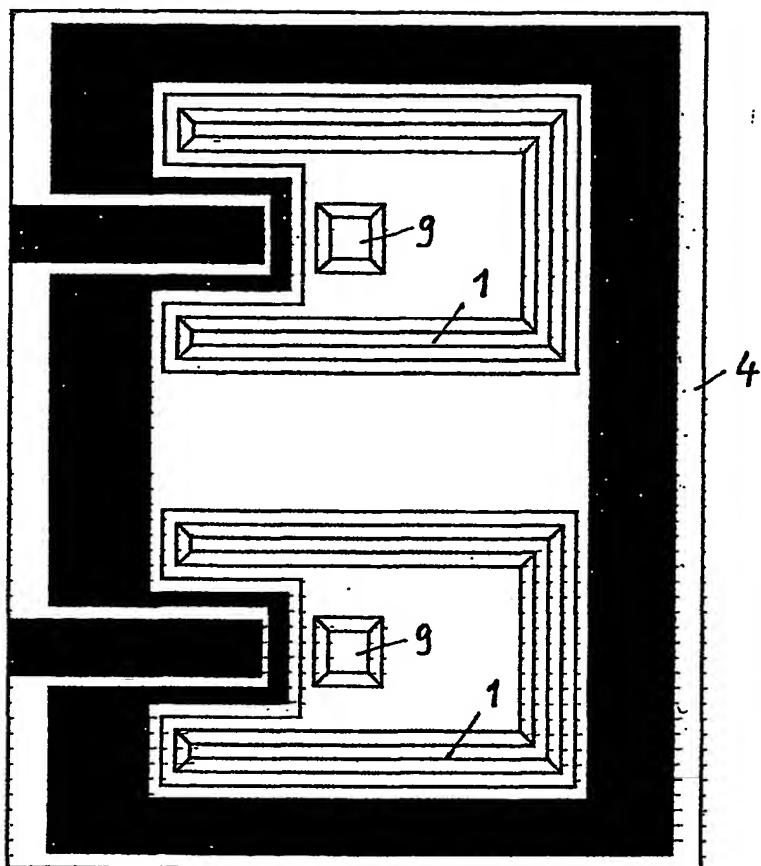
FIG. 6d

**FIG. 7a****FIG. 7b****FIG. 7d****FIG. 7c****FIG. 7e**

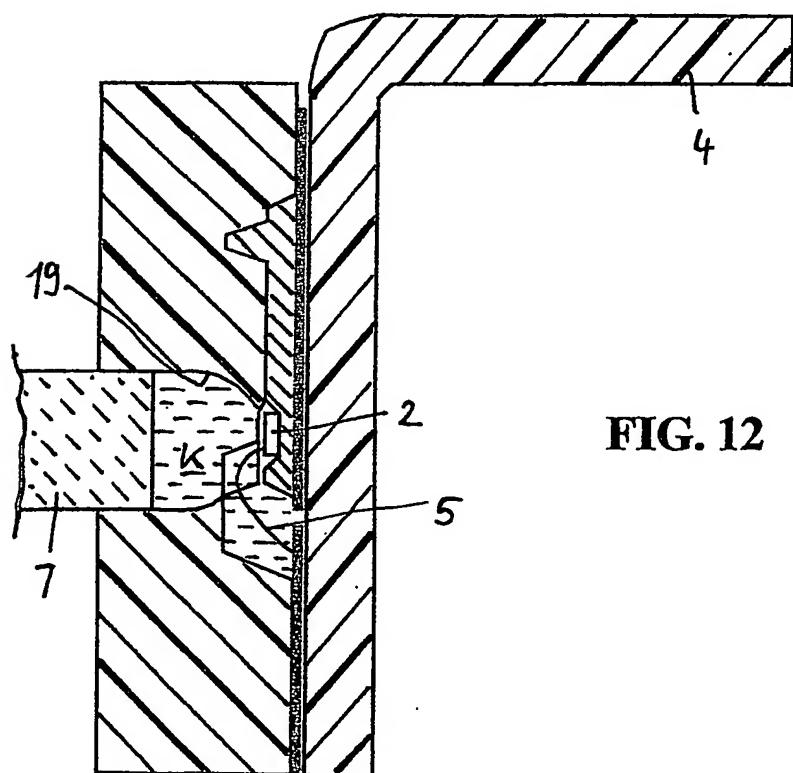
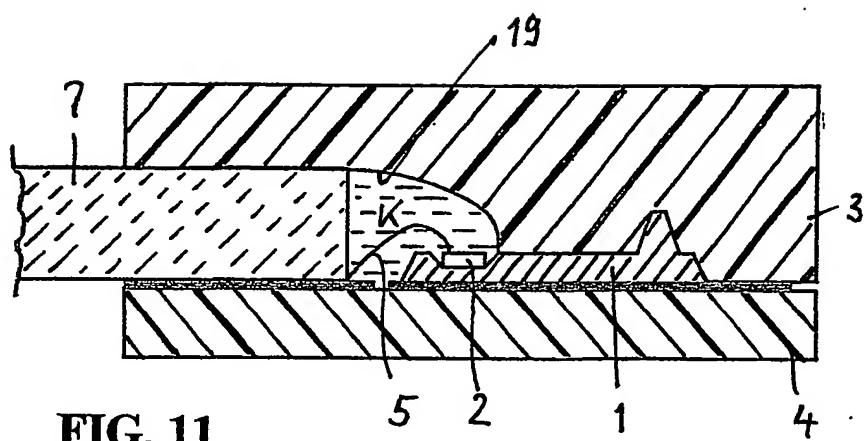


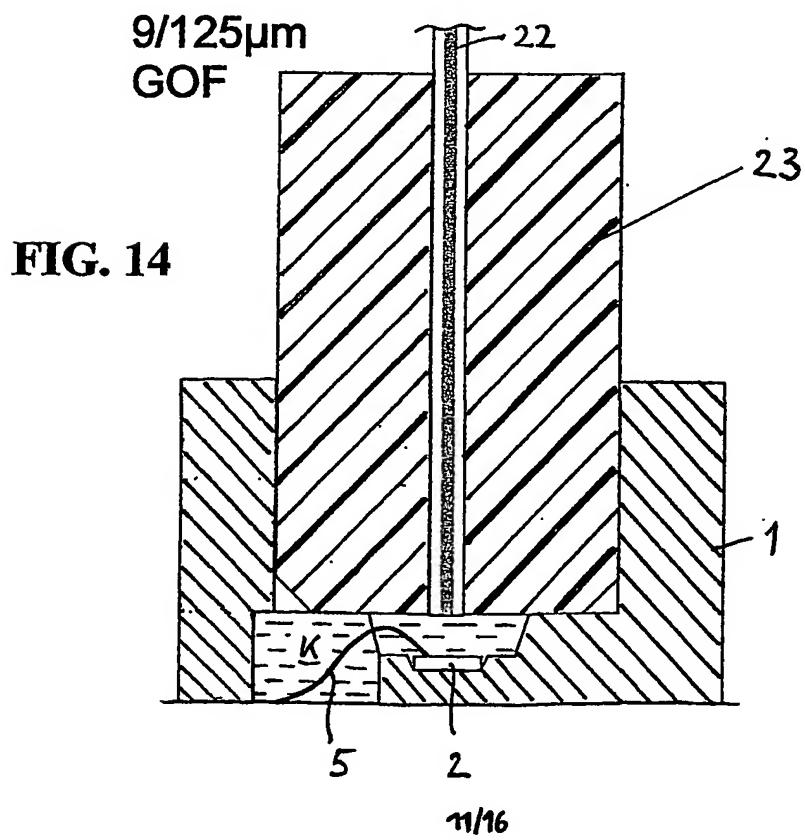
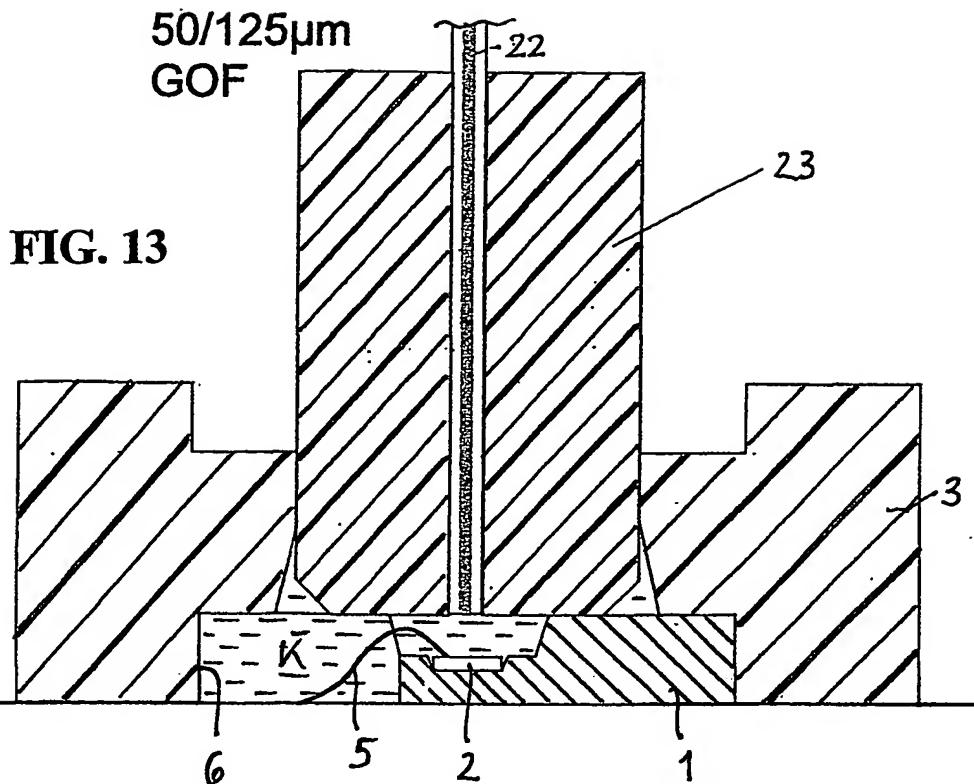
**FIG. 8**

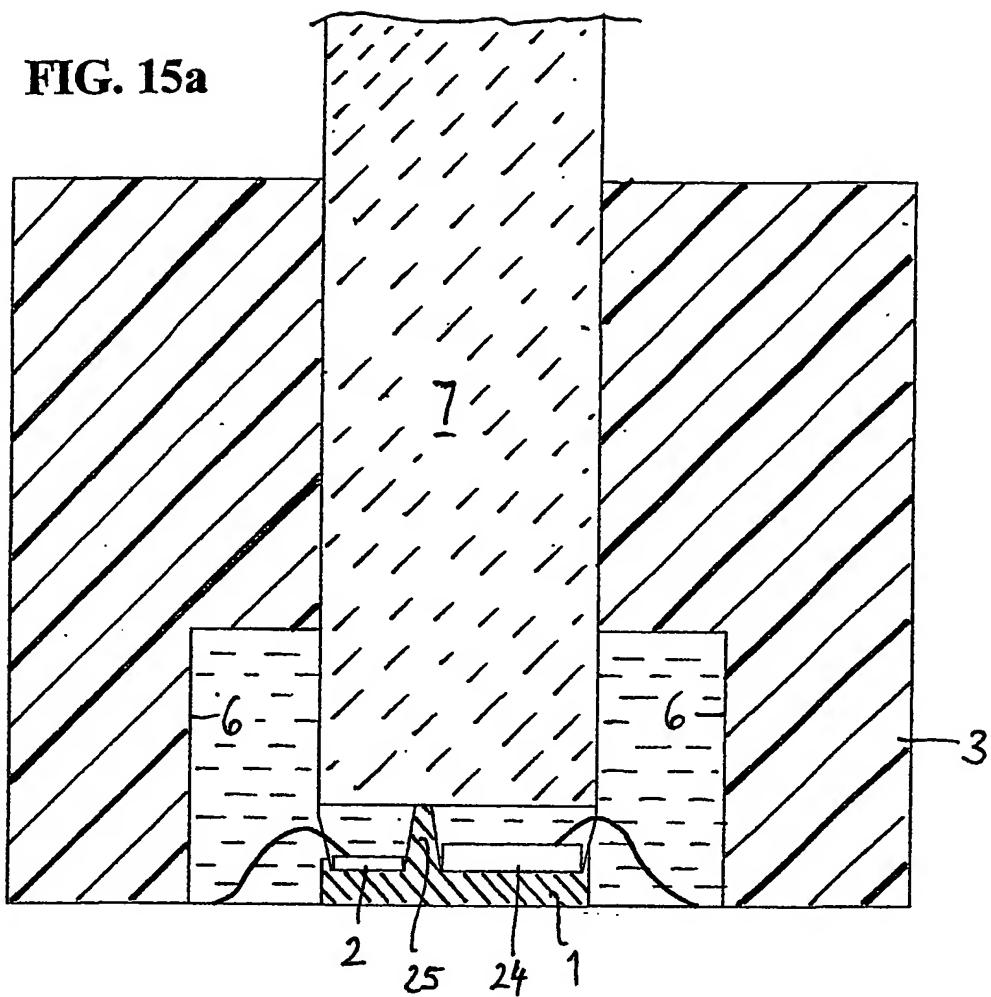
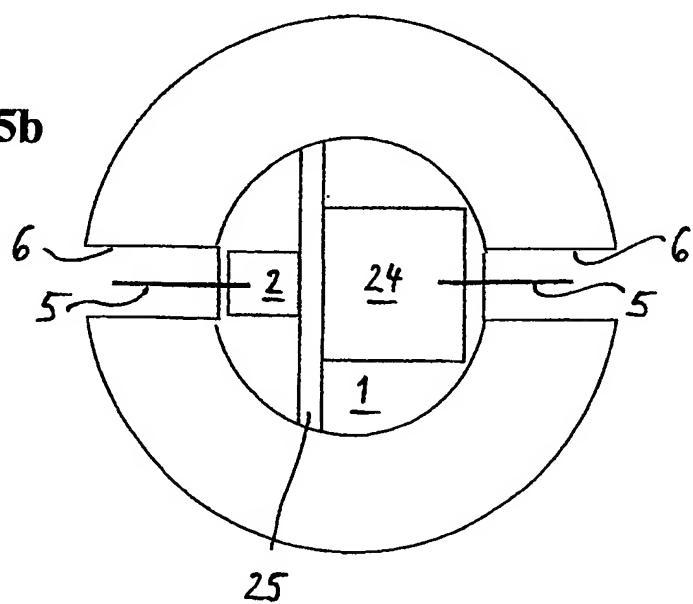
**FIG. 9a****FIG. 9b**

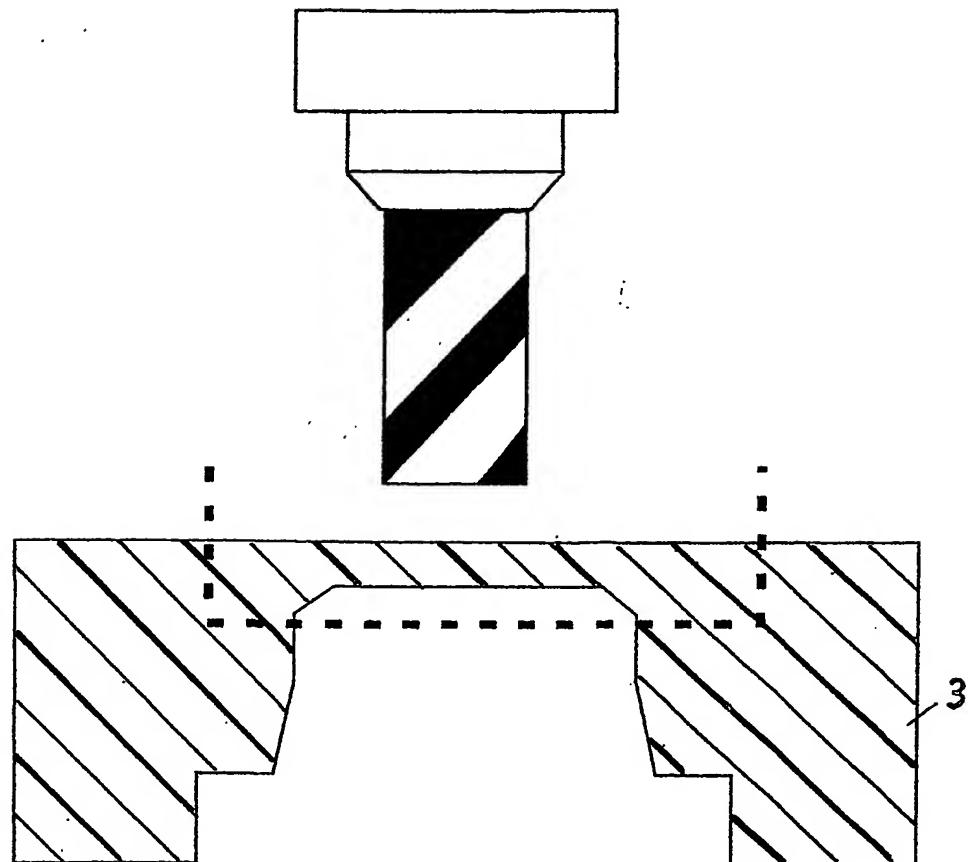


**FIG. 10**

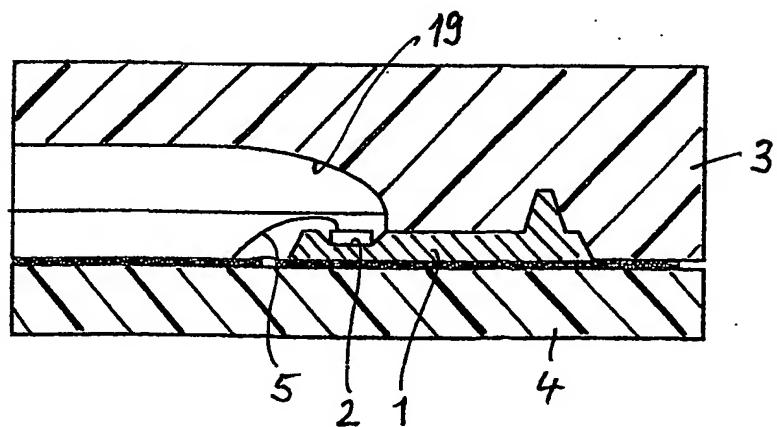
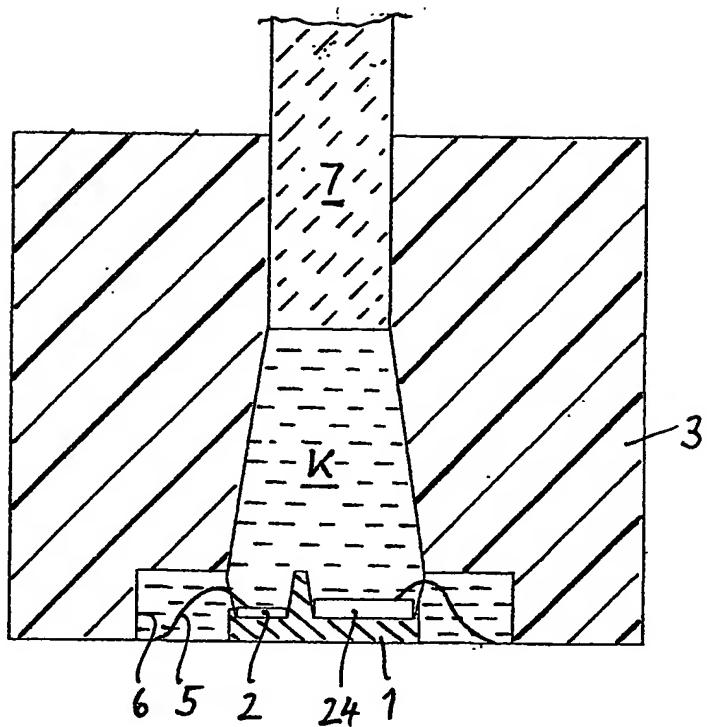


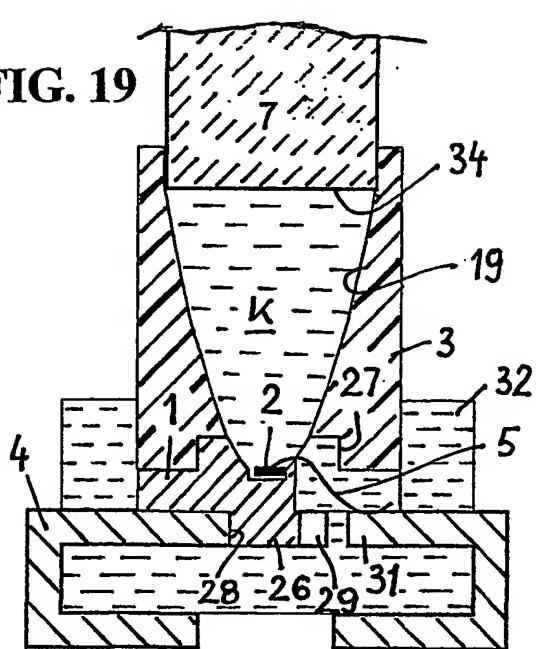
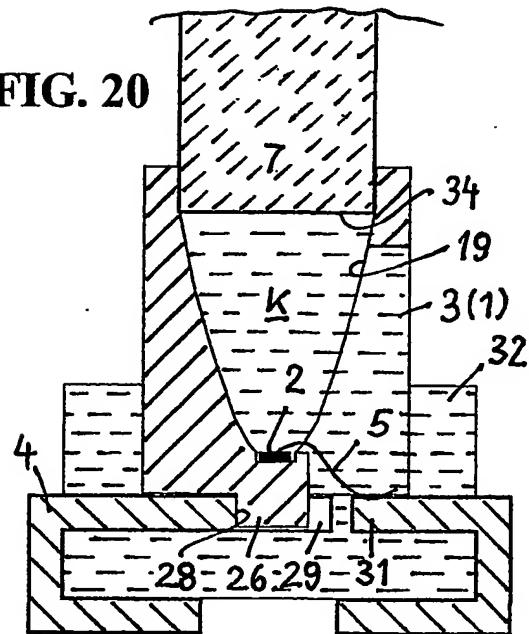
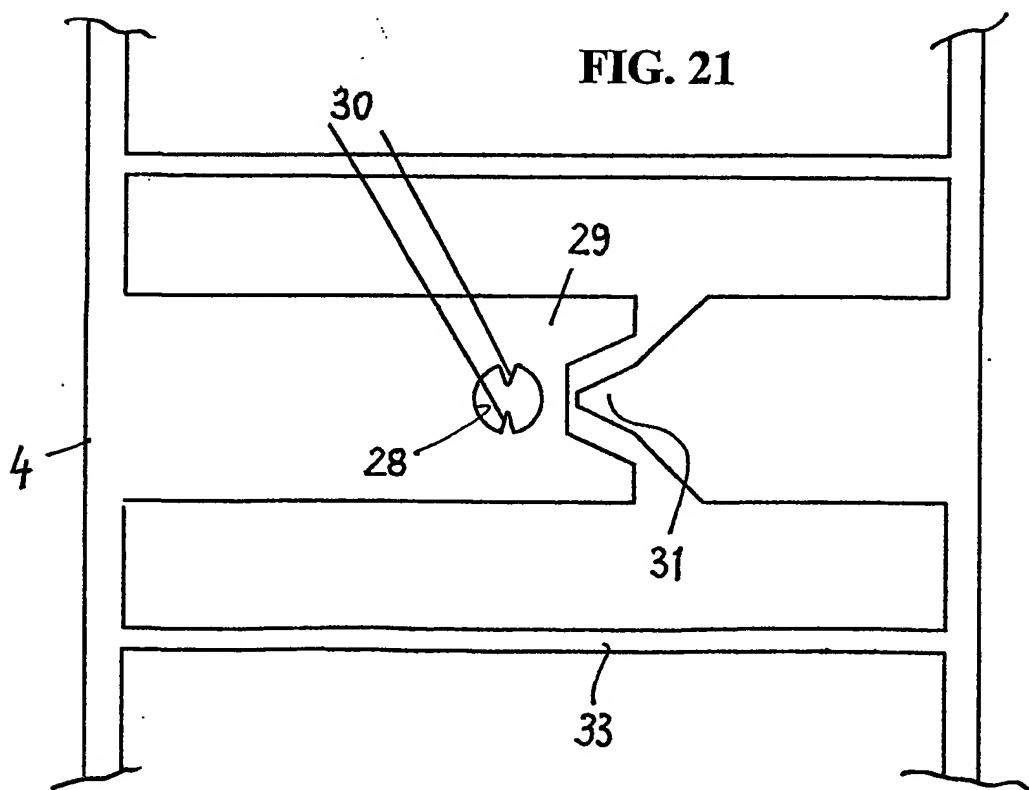


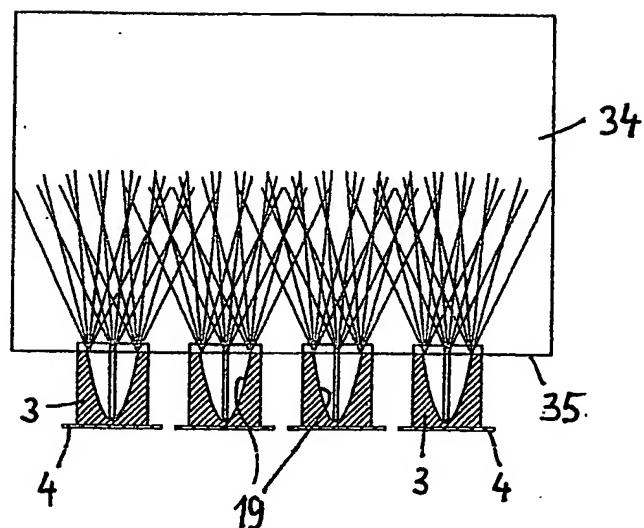
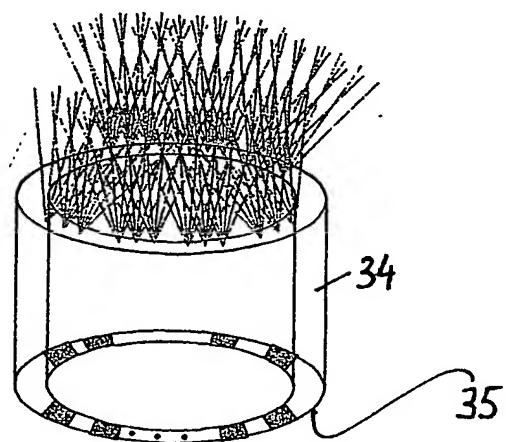
**FIG. 15a****FIG. 15b**



**FIG. 16**

**FIG. 17****FIG. 18**

**FIG. 19****FIG. 20****FIG. 21**

**FIG. 22****FIG. 23**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/15153

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G02B6/42 H01L31/0203

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G02B H01L B29C C25D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 611 975 A (AT & T CORP) 24 August 1994 (1994-08-24) column 4, line 2 -column 6, line 21 column 8, line 48 - line 54 column 7, line 53 -column 8, line 47; figure 1	1-3,5,9, 17,30
Y		4,6-8, 10-16, 18-23, 27-29,32
Y	WO 96 22177 A (BOSCH GMBH ROBERT ;GRUENWALD WERNER (DE); BENZ GERHARD (DE); MAYER) 25 July 1996 (1996-07-25) page 6, line 16 -page 8, line 11 page 16, line 9 - line 33; figure 7	1-3,5,9, 11-32
A		33-35
	-/-	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

30 April 2002

Date of mailing of the International search report

10/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Frisch, A

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
PCT/EP 01/15153

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 00 28362 A (KRAL HANS ;HARTING ELEKTRO OPTISCHE BAUTE (DE)) 18 May 2000 (2000-05-18) cited in the application page 10, line 4 -page 13, line 1 page 15, line 14 - line 22 page 17, line 13 - line 38; figures 1,11,19,20	1-4,6-32
A	—	33-35
Y	US 5 434 939 A (MATSUDA KENICHI) 18 July 1995 (1995-07-18)  column 4, line 29 -column 5, line 12; figures 1,2	1-10,17, 21,22, 27-29,32
Y	EP 1 002 696 A (ICHIKO INDUSTRIES LTD) 24 May 2000 (2000-05-24) column 7, line 16 -column 8, line 30; figures 5-8	6-8
Y	EP 0 571 907 A (EASTMAN KODAK CO) 1 December 1993 (1993-12-01) column 4, line 40 - line 52; figure 1	21,22
Y	US 5 737 467 A (TATSUNO KIMIO ET AL) 7 April 1998 (1998-04-07) column 7, line 21 -column 8, line 19	27-29
Y	US 5 660 461 A (IGNATIUS RONALD W ET AL) 26 August 1997 (1997-08-26) column 1, line 16 - line 31 column 5, line 26 - line 55; figures 5,8	16,18, 20,23
Y	DE 198 52 832 A (HERAEUS GMBH W C) 25 May 2000 (2000-05-25) column 1, line 52 - line 56 column 2, line 3 - line 8	24
Y	WO 98 26885 A (ERICSSON TELEFON AB L M) 25 June 1998 (1998-06-25) page 3, line 10 - line 17	25
Y	DE 196 02 079 C (KARLSRUHE FORSCHZENT) 15 May 1997 (1997-05-15) column 1, line 65 -column 2, line 16	26
Y	US 5 675 678 A (NEUBERGER WOLFGANG ET AL) 7 October 1997 (1997-10-07) column 3, line 7 - line 17; figures 2,3	11-16
Y	US 5 028 110 A (PLUMMER WILLIAM T) 2 July 1991 (1991-07-02) column 2, line 56 -column 4, line 16; figure 1	32
	—	—/—

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/15153

## C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 795 519 A (HARMENING MICHAEL ET AL) 18 August 1998 (1998-08-18) column 1, line 17 - line 36	31
A		33-35
A	DE 195 42 658 A (IND TECH RES INST) 22 May 1997 (1997-05-22) column 2, line 55 -column 3, line 35	33-35
X	US 5 993 075 A (LIN SAN-BAO ET AL) 30 November 1999 (1999-11-30) column 2, line 56 -column 3, line 15; figure 9	36,37
A	US 4 647 331 A (KOURY JR DANIEL N ET AL) 3 March 1987 (1987-03-03) column 2, line 57 -column 3, line 15	36,37

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 01/15153

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0611975	A	24-08-1994	US	4897711 A	30-01-1990
			EP	0611975 A1	24-08-1994
			ES	2137276 T3	16-12-1999
			CA	1311042 A1	01-12-1992
			DE	68918729 D1	17-11-1994
			DE	68918729 T2	16-02-1995
			DE	68929065 D1	07-10-1999
			DE	68929065 T2	28-09-2000
			EP	0331331 A2	06-09-1989
			ES	2060751 T3	01-12-1994
			HK	188795 A	22-12-1995
			JP	2009183 A	12-01-1990
			JP	2033144 C	19-03-1996
			JP	7066985 B	19-07-1995
			KR	9203708 B1	09-05-1992
			SG	9590333 A2	01-09-1995
			US	4945400 A	31-07-1990
WO 9622177	A	25-07-1996	DE	19501285 C1	15-05-1996
			DE	19547941 A1	25-07-1996
			WO	9622177 A1	25-07-1996
			DE	59600776 D1	10-12-1998
			EP	0804323 A1	05-11-1997
			US	5987202 A	16-11-1999
			JP	11502633 T	02-03-1999
WO 0028362	A	18-05-2000	DE	19861162 A1	29-06-2000
			WO	0028362 A1	18-05-2000
			EP	1127285 A1	29-08-2001
US 5434939	A	18-07-1995	JP	6237016 A	23-08-1994
EP 1002696	A	24-05-2000	JP	2000151150 A	30-05-2000
			JP	2000207922 A	28-07-2000
			EP	1002696 A2	24-05-2000
			US	2001007526 A1	12-07-2001
EP 0571907	A	01-12-1993	US	5349234 A	20-09-1994
			DE	69325853 D1	09-09-1999
			DE	69325853 T2	27-01-2000
			EP	0571907 A2	01-12-1993
			JP	6037338 A	10-02-1994
US 5737467	A	07-04-1998	JP	8166523 A	25-06-1996
US 5660461	A	26-08-1997	CA	2204432 A1	13-06-1996
			EP	0796506 A1	24-09-1997
			JP	10502772 T	10-03-1998
			WO	9618210 A1	13-06-1996
DE 19852832	A	25-05-2000	DE	19852832 A1	25-05-2000
WO 9826885	A	25-06-1998	SE	508068 C2	24-08-1998
			AU	7736798 A	15-07-1998
			CN	1241151 A , B	12-01-2000
			EP	0954395 A1	10-11-1999
			JP	2001507811 T	12-06-2001
			SE	9604682 A	20-06-1998

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No	
PCT/EP 01/15153	

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 9826885	A	WO	9826885 A1	25-06-1998
DE 19602079	C	15-05-1997	DE 19602079 C1 DE 59606681 D1 WO 9726568 A1 EP 0875009 A1 JP 3148251 B2 JP 11502327 T US 6070315 A	15-05-1997 03-05-2001 24-07-1997 04-11-1998 19-03-2001 23-02-1999 06-06-2000
US 5675678	A	07-10-1997	NONE	
US 5028110	A	02-07-1991	NONE	
US 5795519	A	18-08-1998	DE 4219667 A1 AT 136950 T WO 9325732 A1 DE 59302281 D1 EP 0646188 A1 JP 2625580 B2 JP 7504624 T US 5676983 A	23-12-1993 15-05-1996 23-12-1993 23-05-1996 05-04-1995 02-07-1997 25-05-1995 14-10-1997
DE 19542658	A	22-05-1997	US 5645977 A DE 19542658 A1	08-07-1997 22-05-1997
US 5993075	A	30-11-1999	NONE	
US 4647331	A	03-03-1987	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/15153

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G02B6/42 H01L31/0203

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G02B H01L B29C C25D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 611 975 A (AT & T CORP) 24. August 1994 (1994-08-24) Spalte 4, Zeile 2 - Spalte 6, Zeile 21 Spalte 8, Zeile 48 - Zeile 54 Spalte 7, Zeile 53 - Spalte 8, Zeile 47; Abbildung 1	1-3, 5, 9, 17, 30
Y		4, 6-8, 10-16, 18-23, 27-29, 32
Y	WO 96 22177 A (BOSCH GMBH ROBERT ;GRUENWALD WERNER (DE); BENZ GERHARD (DE); MAYER) 25. Juli 1996 (1996-07-25) Seite 6, Zeile 16 - Seite 8, Zeile 11 Seite 16, Zeile 9 - Zeile 33; Abbildung 7	1-3, 5, 9, 11-32
A		33-35
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgetüft)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*g\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

30. April 2002

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

10/05/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patenttaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Frisch, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/15153

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 00 28362 A (KRAL HANS ;HARTING ELEKTRO OPTISCHE BAUTE (DE)) 18. Mai 2000 (2000-05-18) in der Anmeldung erwähnt Seite 10, Zeile 4 -Seite 13, Zeile 1 Seite 15, Zeile 14 - Zeile 22 Seite 17, Zeile 13 - Zeile 38; Abbildungen 1,11,19,20	1-4,6-32
A	—	33-35
Y	US 5 434 939 A (MATSUDA KENICHI) 18. Juli 1995 (1995-07-18)  Spalte 4, Zeile 29 -Spalte 5, Zeile 12; Abbildungen 1,2	1-10,17, 21,22, 27-29,32
Y	EP 1 002 696 A (ICHIKO INDUSTRIES LTD) 24. Mai 2000 (2000-05-24) Spalte 7, Zeile 16 -Spalte 8, Zeile 30; Abbildungen 5-8	6-8
Y	EP 0 571 907 A (EASTMAN KODAK CO) 1. Dezember 1993 (1993-12-01) Spalte 4, Zeile 40 - Zeile 52; Abbildung 1	21,22
Y	US 5 737 467 A (TATSUNO KIMIO ET AL) 7. April 1998 (1998-04-07) Spalte 7, Zeile 21 -Spalte 8, Zeile 19	27-29
Y	US 5 660 461 A (IGNATIUS RONALD W ET AL) 26. August 1997 (1997-08-26) Spalte 1, Zeile 16 - Zeile 31 Spalte 5, Zeile 26 - Zeile 55; Abbildungen 5,8	16,18, 20,23
Y	DE 198 52 832 A (HERAEUS GMBH W C) 25. Mai 2000 (2000-05-25) Spalte 1, Zeile 52 - Zeile 56 Spalte 2, Zeile 3 - Zeile 8	24
Y	WO 98 26885 A (ERICSSON TELEFON AB L M) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Seite 3, Zeile 10 - Zeile 17	25
Y	DE 196 02 079 C (KARLSRUHE FORSCHZENT) 15. Mai 1997 (1997-05-15) Spalte 1, Zeile 65 -Spalte 2, Zeile 16	26
Y	US 5 675 678 A (NEUBERGER WOLFGANG ET AL) 7. Oktober 1997 (1997-10-07) Spalte 3, Zeile 7 - Zeile 17; Abbildungen 2,3	11-16
	—	-/-

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 01/15153

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 028 110 A (PLUMMER WILLIAM T) 2. Juli 1991 (1991-07-02) Spalte 2, Zeile 56 -Spalte 4, Zeile 16; Abbildung 1	32
Y	US 5 795 519 A (HARMENING MICHAEL ET AL) 18. August 1998 (1998-08-18) Spalte 1, Zeile 17 - Zeile 36	31
A	DE 195 42 658 A (IND TECH RES INST) 22. Mai 1997 (1997-05-22) Spalte 2, Zeile 55 -Spalte 3, Zeile 35	33-35
X	US 5 993 075 A (LIN SAN-BAO ET AL) 30. November 1999 (1999-11-30) Spalte 2, Zeile 56 -Spalte 3, Zeile 15; Abbildung 9	36,37
A	US 4 647 331 A (KOURY JR DANIEL N ET AL) 3. März 1987 (1987-03-03) Spalte 2, Zeile 57 -Spalte 3, Zeile 15	36,37

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/15153

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0611975	A	24-08-1994	US	4897711 A		30-01-1990
			EP	0611975 A1		24-08-1994
			ES	2137276 T3		16-12-1999
			CA	1311042 A1		01-12-1992
			DE	68918729 D1		17-11-1994
			DE	68918729 T2		16-02-1995
			DE	68929065 D1		07-10-1999
			DE	68929065 T2		28-09-2000
			EP	0331331 A2		06-09-1989
			ES	2060751 T3		01-12-1994
			HK	188795 A		22-12-1995
			JP	2009183 A		12-01-1990
			JP	2033144 C		19-03-1996
			JP	7066985 B		19-07-1995
			KR	9203708 B1		09-05-1992
			SG	9590333 A2		01-09-1995
			US	4945400 A		31-07-1990
WO 9622177	A	25-07-1996	DE	19501285 C1		15-05-1996
			DE	19547941 A1		25-07-1996
			WO	9622177 A1		25-07-1996
			DE	59600776 D1		10-12-1998
			EP	0804323 A1		05-11-1997
			US	5987202 A		16-11-1999
			JP	11502633 T		02-03-1999
WO 0028362	A	18-05-2000	DE	19861162 A1		29-06-2000
			WO	0028362 A1		18-05-2000
			EP	1127285 A1		29-08-2001
US 5434939	A	18-07-1995	JP	6237016 A		23-08-1994
EP 1002696	A	24-05-2000	JP	2000151150 A		30-05-2000
			JP	2000207922 A		28-07-2000
			EP	1002696 A2		24-05-2000
			US	2001007526 A1		12-07-2001
EP 0571907	A	01-12-1993	US	5349234 A		20-09-1994
			DE	69325853 D1		09-09-1999
			DE	69325853 T2		27-01-2000
			EP	0571907 A2		01-12-1993
			JP	6037338 A		10-02-1994
US 5737467	A	07-04-1998	JP	8166523 A		25-06-1996
US 5660461	A	26-08-1997	CA	2204432 A1		13-06-1996
			EP	0796506 A1		24-09-1997
			JP	10502772 T		10-03-1998
			WO	9618210 A1		13-06-1996
DE 19852832	A	25-05-2000	DE	19852832 A1		25-05-2000
WO 9826885	A	25-06-1998	SE	508068 C2		24-08-1998
			AU	7736798 A		15-07-1998
			CN	1241151 A , B		12-01-2000
			EP	0954395 A1		10-11-1999
			JP	2001507811 T		12-06-2001
			SE	9604682 A		20-06-1998

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/15153

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9826885	A		WO	9826885 A1		25-06-1998
DE 19602079	C	15-05-1997	DE	19602079 C1		15-05-1997
			DE	59606681 D1		03-05-2001
			WO	9726568 A1		24-07-1997
			EP	0875009 A1		04-11-1998
			JP	3148251 B2		19-03-2001
			JP	11502327 T		23-02-1999
			US	6070315 A		06-06-2000
US 5675678	A	07-10-1997		KEINE		
US 5028110	A	02-07-1991		KEINE		
US 5795519	A	18-08-1998	DE	4219667 A1		23-12-1993
			AT	136950 T		15-05-1996
			WO	9325732 A1		23-12-1993
			DE	59302281 D1		23-05-1996
			EP	0646188 A1		05-04-1995
			JP	2625580 B2		02-07-1997
			JP	7504624 T		25-05-1995
			US	5676983 A		14-10-1997
DE 19542658	A	22-05-1997	US	5645977 A		08-07-1997
			DE	19542658 A1		22-05-1997
US 5993075	A	30-11-1999		KEINE		
US 4647331	A	03-03-1987		KEINE		